

551, 474

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 10 月 21 日 (21.10.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/091123 A1

(51) 国際特許分類: H04B 10/20,
H01S 3/30, 3/10, G02F 1/35

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/004664

(22) 国際出願日: 2004 年 3 月 31 日 (31.03.2004)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2003-099570 2003 年 4 月 2 日 (02.04.2003) JP
特願2003-110699 2003 年 4 月 15 日 (15.04.2003) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号 Osaka (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 矢田 勝啓 (YADA, Katsuhiko) [JP/JP]; 〒5540024 大阪府大阪市此花区島

屋一丁目 1 番 3 号 住友電気工業株式会社大阪製作所内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 稲岡 耕作, 外 (INAOKA, Kosaku et al.); 〒5410054 大阪府大阪市中央区南本町2丁目6番12号 サンマリオンNBFタワー21階 あい特許事務所内 Osaka (JP).

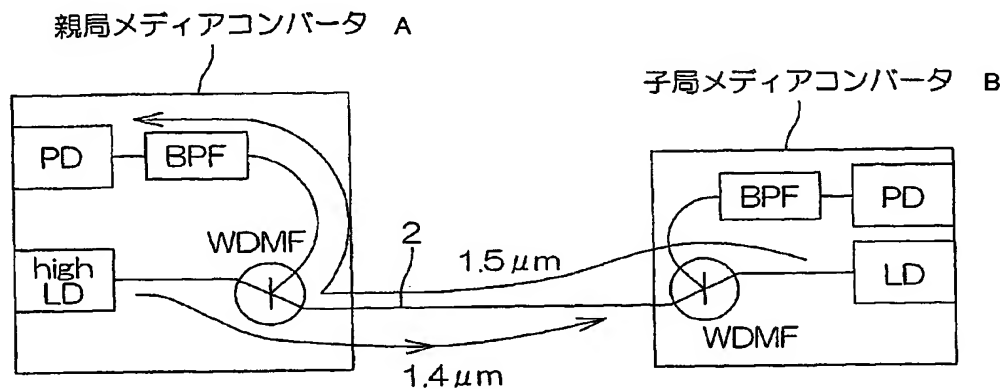
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM HAVING OPTICAL AMPLIFICATION FUNCTION

(54) 発明の名称: 光増幅機能を有する光通信システム



A...PARENT STATION MEDIUM CONVERTER

B...CHILD STATION MEDIUM CONVERTER

(57) Abstract: In optical communication between a parent station and a child station, the wavelength of the signal laser light source high LD of the parent station generating the downstream signal light is a wavelength having the effect of Raman-amplifying the upstream optical signal propagating in an optical fiber (2). In the optical fiber (2), while the upstream optical signal transmitted from the child station to the parent station propagates in the optical fiber (2), the upstream optical signal is amplified by the downstream signal light of the signal laser light source high LD.

(57) 要約: 親局・子局間の光通信において、下り信号光を発生する親局の信号用レーザ光源high LDの波長を、光ファイバ2を伝搬する上り光信号をラマン増幅する効果を持つ波長とする。光ファイバ2において、子局から親局へ伝送される上り光信号が当該光ファイバ2を伝搬する間に、前記信号用レーザ光源high LDの下り信号光によって、その上り光信号が増幅される。

WO 2004/091123 A1



NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明 細 書

光増幅機能を有する光通信システム

<技術分野>

5 本発明は、親局と子局との間を光ファイバで接続した光通信システムに関するものである。

本発明は、光通信システムにおいて、特に、親局と受動型光分岐器を備える光分岐局との間を幹線光ファイバで接続し、光分岐局と複数の子局との間をそれぞれ支線光ファイバで接続した P O N (Passive Optical Network) システムに関するものである。

10 <背景技術>

親局と複数の子局との間を、光データ通信ネットワークを使って双方向通信するシステムにおいて、親局と各子局との間を、それぞれ 1 本の光ファイバで放射状に結ぶネットワーク構成が実用化されている (Single Star)。このネットワーク構成では、システム、機器構成は簡単になるが、
15 各子局が 1 本の光ファイバを占有するので、システムの低価格化を図るのが困難である。

そこで、1 本の光ファイバを、複数の子局で共有する P O N (Passive Optical Network) システム (P D S (Passive Double Star) ともいう) が提案されている。この P O N システムは、親局と受動型光分岐器を備える光
20 分岐局との間を幹線光ファイバで接続し、光分岐局と複数の子局との間をそれぞれ支線光ファイバで接続したものである。

P O N システムでは、光伝送のために必要とされるパワーを確保するため、光分岐局に光増幅器を組み込んで、光ファイバを伝送する光信号を増幅する構成が提案されている (特開平 9-181686 号公報参照)。

25 ところが、前記の構成では、光分岐局に光増幅器を使用するため、その入手と設置にコストがかかり、また、設置後故障すれば光分岐局に行かなければならず、メンテナンスの手間がかかるという問題がある。

また、P O N システムにかぎらず、一般の光通信システムにおいても、親局と複数の子局との間の光ファイバに光増幅器を挿入することが行われ

ているが、光増幅器を使用するため、その入手と設置にコストがかかり、また、設置後故障すれば光増幅器の設置場所まで行かなければならず、メンテナンスの手間がかかるという問題がある。

- そこで、単体の光増幅器を使用しないで、増幅機能を、光ファイバに分散して持たせることができれば、メンテナンスが容易になり、かつ、量産によるコストの低下も見込める。

<発明の開示>

そこで、本発明は、光ファイバに光増幅機能を持たせることができる光通信システムを提供することを目的とする。

- 10 本発明の光通信システムは、下り信号光を発生する信号用光源の波長を、光ファイバを伝搬する上り光信号をラマン増幅する効果を持つ波長とし、光ファイバにおいて、親局・子局間で伝送される上り光信号が当該光ファイバを伝搬する間に、その上り光信号が増幅されることを特徴とする。

- この構成によれば、信号用光源を用いて、上り光信号を増幅する効果を持つ波長の信号用光を発生し、光ファイバを通して、子局に伝送する。これにより、簡単に、当該光ファイバを伝送する上り信号光を増幅することができる。なお、親局・子局の選択は任意であり、ラマン増幅する効果を持つ波長信号用光源を備えるほうを親局とすればよい。

- 20 図15は、ラマン増幅の条件を示すグラフであり、横軸に波長、縦軸に伝搬時の光電力をとっている。信号光と増幅用光は、互いに反対方向に伝搬するものとする。ラマン増幅を行うには、増幅用光の波長は、信号光の波長より約 $0.1\mu\text{m}$ 短ければよい。

- さらに、当該増幅の条件として、ラマンゲイン $(g_R/A_{\text{eff}})P_pL_{\text{eff}}$ が 0.1 dB 以上であることがこのましい。ここで、 (g_R/A_{eff}) は光ファイバのラマンゲイン係数、 P_p は光ファイバに入力されるポンピングパワー、 L_{eff} はポンピング光が作用する光ファイバに沿った実効距離である。

前記光ファイバの少なくとも一部に高非線形性ファイバを使用することが好ましい(請求項2)。高非線形性ファイバとはラマンゲイン $(g_R/A$

- eff) P_{pLeff} が 4 dB 以上の光ファイバをいう。例えばコア径を一般のシングルモード光ファイバよりわずかに細くすることにより製作することができる。高非線形性ファイバを使用すれば、強い非線形効果が得られるので、光信号の増幅利得を高くとることができる。したがって、下り信号
- 5 光を発生する信号用光源のパワーが比較的弱かったり、距離が短かったりしても、上り信号を増幅することができる。「少なくとも一部」としたのは、高非線形性ファイバを伝送路全体に使用する必要はなく、必要な増幅利得を得るのに十分な距離だけ使用すればよいからである。例えば、長距離伝送する場合などでは、高非線形性ファイバと SMF (Single Mode
- 10 Fiber) とを直列に接続し、親局の信号用光源に近い部分を高非線形性ファイバ、遠い部分を SMF で構成すると、効果的である。

- 前記下り信号光には、オンオフされる光を使用し、その変調方式には、データの符号 0 が続いたときでもオン状態とオフ状態が変動し、符号 1 が続いたときでもオン状態とオフ状態が変動する変調方式を使用するとよい
- 15 (請求項 3)。こうすれば、オン状態が長時間連続したり、オフ状態が長時間連続したりすることがないため、増幅利得の変動を抑えることができ、安定した増幅特性を得ることができる。とくに、オン状態とオフ状態の割合が一定であれば、増幅利得変動を抑制するのに効果的である。

- 前記光ファイバにおいて、上り信号光が増幅される部分の長さが、前記
- 20 下り信号光のオン状態とオフ状態の組に対応する光ファイバの長さより長い距離でることが望ましい(請求項 4)。例えば、ある長さ L (m) の光ファイバを、光信号が速度 c/n (m/sec) で伝搬するとする。 c は真空中の光の速度、 n は光ファイバの実効屈折率とする。1 組のオン状態とオフ状態の組で平均 α ビット伝送する符号化方式を使用し、信号の伝送速度を A
- 25 (ビット/sec) とすると、長さ L (m) の光ファイバには、

$$n L A / \alpha c$$

組のオン状態とオフ状態が存在する。ここで前記「下り信号光のオン状態とオフ状態の組」の中の約半分では光信号が存在するので、光ファイバの長さ L (m) を、 $\alpha c / n A$ (m) よりも長くすることにより、その光ファイ

バの長さ L (m) にわたって安定したラマン増幅を行うことができる。

親局において、受光素子に入射する光の波長を選択するための光フィルタが設けられていることが望ましい（請求項 5）。

- 5 本発明の P O N システムは、下り信号光を発生する信号用光源の波長を、
幹線光ファイバを伝搬する上り光信号をラマン増幅する効果を持つ波長とし、
幹線光ファイバにおいて、親局・子局間で伝送される上り光信号が当該幹線光ファイバを伝搬する間に、その上り光信号が増幅されるものである（請求項 6）。

- 10 前記の構成によれば、信号用光源を用いて、上り光信号を増幅する効果を持つ波長の信号用光を発生し、幹線光ファイバ、光合分波器を通して、子局に分配する。これにより、簡単に、当該幹線光ファイバを伝送する上り信号光を増幅することができる。

- 15 光信号を増幅する機能として、ラマン増幅を用いるので、下り信号用光を伝搬させることにより、当該光ファイバを伝送する上り信号光を分散して増幅することができる。以上のように、光ファイバに光増幅機能を持たせることにより、光分岐局に光増幅器を用意する必要がなく、簡単な構成の P O N システムを実現することができる。

- 20 前記幹線光ファイバの少なくとも一部に高非線形性ファイバを使用することが好ましい（請求項 7）。この高非線形性ファイバを用いれば、強い非線形効果が得られるので、比較的弱い増幅光で高利得を得ることができる。したがって、信号用光源の光パワーが比較的低くても済む。なお、長距離伝送する場合などでは、高非線形性ファイバと S M F (Single Mode Fiber) とを直列に接続し、親局の信号用光源に近い部分を高非線形性ファイバ、遠い部分を S M F で構成すると、一層効果的である。

- 25 以上の場合に、下り信号光をオンオフする変調方式には、データの符号 0 が続いたときでもオン状態とオフ状態が変動し、符号 1 が続いたときでもオン状態とオフ状態が変動する変調方式を使用すれば（請求項 8）、オン状態の光信号に対してラマン増幅を行えるので、安定した増幅特性を得ることができる。なお、信号光を偏光変調や位相変調する方式を用いれば、

光パワーが時間的にほとんど変化しないので、符号方式を考慮することなく、常に安定した増幅が行える。

- 5 また、安定した増幅特性を得るには、前記幹線光ファイバにおいて、上り信号光が増幅される部分の長さが、前記下り信号光のオン状態とオフ状態の組に対応する幹線光ファイバの長さより長い距離であることが好ましい（請求項 9）。

以下、本発明の P O N システムの具体的構成を説明する。括弧内の図番は、後述の実施形態で説明するときに用いる対応図番を表す。

- 10 本発明の P O N システムの構成として、親局に信号用光源と光合分波器とを設置し、信号用光を、光合分波器を通して、親局から光分岐局に向けて幹線光ファイバに注入すれば、親局、光分岐局間で、上り光信号を増幅することができる（請求項 10）。子局からの光信号は、長い伝搬路を通り、親局－光分岐局間も、距離が長いことが多いので、この間の光信号の増幅は有効である。

- 15 前記システム構成では、受動型光分岐器としてスターカプラーを使用することができる（請求項 11；図 4）。この構成によれば、安価なスターカプラーを使用することで、製造・管理コストを低減できる。また全子局が同一波長の光信号を扱えるので、子局の製造コストを抑えることができる。

- 20 また、前記システム構成では、受動型光分岐器として、下り信号光には、スターカプラーを使用し、上り信号光には、波長の違いを利用して上り信号光を合波、分岐することができる A W G を使用することができる（請求項 12；図 5）。上り信号用に A W G を使用することで、低損失で上り信号光を合波、分離でき、子局の信号用光源の光パワー設計に余裕が出る。

- 25 また、本発明の P O N システムは、光ファイバ（幹線光ファイバ、支線光ファイバを含む）を伝搬する光信号を増幅する効果を持つ波長の増幅用光を発生する増幅用光源と、前記増幅用光を前記光ファイバに注入するための光合分波器とを備え、光ファイバにおいて、親局・子局間で伝送される光信号が当該光ファイバを伝搬する間に、その光信号が増幅されるもの

である（請求項 13）。

前記の構成によれば、増幅用光源を用いて、光信号を増幅する効果を持つ波長の増幅用光を発生し、光合分波器を通して、光ファイバに注入する。これにより、簡単に、当該光ファイバを伝送する信号光を増幅することができる。

光信号を増幅する機能として、ラマン増幅を用いれば、増幅用光を信号光と反対方向に伝搬させることにより（請求項 14）、当該光ファイバを伝送する信号光を分散して増幅することができる。

ラマン増幅を実現する光ファイバとして、高非線形性ファイバを使用することが可能である（請求項 15）。この高非線形性ファイバを用いれば、強い非線形効果が得られるので、比較的弱い増幅光で高利得を得ることができる。なお、長距離伝送する場合などでは、高非線形性ファイバと SMF (Single Mode Fiber) とを接続し、増幅用光源に近い部分を高非線形性ファイバ、遠い部分を SMF で構成すると、一層効果的である。

また、ラマン増幅以外に、光信号を増幅する機能として、エルビウム添加ファイバ（EDF）を用いれば（請求項 16）、エルビウムイオンの誘導放出を利用することによって、増幅用光と同一方向の信号光を増幅することができる。

以上の場合に、増幅用光を無変調光とすれば、さらに安定した増幅特性を得ることができる。

親局に増幅用光源と光合分波器とを設置し、増幅用光を、親局から光分岐局に向けて幹線光ファイバに注入すれば、親局、光分岐局間で、光信号を増幅することができる（請求項 17；図 6）。子局からの光信号は、長い伝搬路を通り、親局－光分岐局間も、距離が長いことが多いので、この

間の光信号の増幅は有効である。

光分岐局に増幅用光源と光合分波器とを設置し、増幅用光を、光合分波器から親局に向けて幹線光ファイバに注入すれば、親局、光分岐局間で、光信号を増幅することができる（請求項 18；図 7）。

請求項 17 記載の構成に追加して、第 2 の光合分波器と、第 3 の光合分

波器と、第2の光合分波器と第3の光合分波器とを接続する光路とを光分岐局に設置し、上り信号用幹線光ファイバを伝送する増幅用光を、第2の光合分波器から取り出し、前記光路を通して第3の光合分波器に供給し、第3の光合分波器から親局に向けて下り信号用幹線光ファイバに注入することができる（請求項19；図8）。

この構成によれば、親局から上り信号用幹線光ファイバを伝送してきた増幅用光を、親局に向けて下り信号用幹線光ファイバに再度注入することにより、下り信号光を増幅できる。ここで、上り信号光と下り信号光を同じ波長にすれば、1つの増幅用光源で、上り下り両方の信号を効率よく増幅することができる。

光分岐局に増幅用光源と光合分波器とを設置し、増幅用光を子局に向けて、受動型光分岐器を通して、支線光ファイバに注入するという構成も採用できる（請求項20；図9）。この構成であれば、光分岐局、子局間の光信号の増幅を行うことができる。

また親局に、増幅用光源と光合分波器を設置し、増幅用光を、親局から、光分岐局に向けて幹線光ファイバに注入し、光分岐局にて、増幅用光を幹線光ファイバに対して全反射させる反射器を設ければ（請求項21；図10）、光分岐局に増幅用光源を設けなくとも、親局に設けた増幅用光源で光信号を増幅することができる。反射器は、例えばF B G (Fiber Bragg Grating)で実現できる。

親局に増幅用光源と光合分波器とを設置し、増幅用光を、親局から、光分岐局に向けて幹線光ファイバに注入し、光分岐局に第2の光合分波器と反射器を設置し、幹線光ファイバを伝送する増幅用光を、第2の光合分波器から取り出し、前記反射器によって全反射させるという構成も採用できる（請求項22；図11）。光分岐局に増幅用光源を設けなくとも、親局に設けた増幅用光源で光信号を増幅することができる。

光分岐局に光合分波器を設置し、親局と光分岐局との間に、幹線光ファイバ以外に光ファイバを設け、前記増幅用光源を親局に設置し、増幅用光を、前記光ファイバを通して光合分波器に供給し、増幅用光を、光合分波

器から親局に向けて幹線光ファイバに注入する構成も可能である（請求項 23；図12）。この構成では、親局と光分岐局との間に光ファイバを布設することで、増幅用光源を光分岐局に設置する必要がないので、増幅用光源の保守管理が容易にできる。また受動型光分岐器により、光合分波器の動作が得られる。

前記請求項17～請求項23のシステム構成では、受動型光分岐器としてスターカプラーを使用することができる（請求項24）。安価なスターカプラーを使用することで、製造・管理コストを低減できる。

親局と光分岐局との間に、幹線光ファイバ以外に光ファイバを設け、前記増幅用光源を親局に設置し、増幅用光を、前記光ファイバを通して光合分波器の子局側の1光路に、親局に向けて注入するという構成も可能である（請求項25；図13）。

この構成では、親局と光分岐局との間に光ファイバを布設することで、増幅用光源を光分岐局に設置する必要がないので、増幅用光源の保守管理が容易にできる。また受動型光分岐器により、光合分波器の動作が得られる。したがって、受動型光分岐器とは別の光合分波器を用意する必要がなく、光分岐局の構成が簡単になる。

前記請求項17～請求項25（請求項24を除く）のシステム構成では、光分岐局として、異なる波長の光を合波、分岐することができるAWGを使用することができる（請求項26）。AWGを使用することで、低損失で増幅光を分離できる。

以上のように本発明によれば、光ファイバに光増幅機能を持たせることにより、光分岐局に光増幅器を用意する必要がなく、簡単な構成のPONシステムを実現することができる。

25 <図面の簡単な説明>

図1は、本発明の光増幅機能を有する光通信システムを示すブロック図である。

図2は、親局1の光伝送路終端装置OLT及び子局5の光加入者線終端装置ONU相互の接続状態を示すネットワーク構成図である。

図3は、本発明の光増幅機能を有するPONシステムの全体を示すブロック図である。

図4は、親局の信号用High LDを利用して、幹線光ファイバを伝搬する上り信号を増幅する本発明のPONシステムを示す構成図である。

- 5 図5は、信号光を合波分波するのに、下り信号光にスターカプラーを使用し、上り信号光にAWGを使用した本発明のPONシステムを示す構成図である。

図6は、親局に増幅用LDを設置して、幹線及び支線光ファイバを伝搬する上り信号を増幅する本発明のPONシステムを示す構成図である。

- 10 図7は、光分岐局にも増幅用LDを設置して、親局からの下り信号を増幅する本発明のPONシステムを示す構成図である。

図8は、親局に増幅用LDを1つ設置するだけで、親局への上り信号と、親局からの下り信号を増幅することのできる本発明のPONシステムを示す構成図である。

- 15 図9は、図7の構成に追加して、子局から親局へ上り光信号を、光分岐局に設置した増幅用LDbの光によって増幅するPONシステムの構成を示す構成図である。

- 図10は、親局に2つの増幅用LD2，LD3を設置して、LD2の光で幹線光ファイバを伝搬する下り信号を増幅し、LD3の光で幹線及び支線光ファイバを伝搬する上り信号を増幅することのできる本発明のPONシステムを示す構成図である。
- 20

- 図11は、親局に2つの増幅用LD2，LD3を設置して、LD2の光で幹線光ファイバを伝搬する下り信号を増幅し、LD3の光で幹線及び支線光ファイバを伝搬する上り信号を増幅することのできる本発明のPONシステムを示す構成図である。
- 25

図12は、親局に2つの増幅用LD1，LD2を設置して、幹線光ファイバを伝搬する上り、下り信号を増幅することのできる本発明のPONシステムを示す構成図である。

図13は、親局に2つの増幅用LD1，LD2を設置して、幹線光ファ

ファイバを伝搬する上り、下り信号を増幅することのできる本発明のPONシステムを示す構成図である。

図14は、WDMFの構造を示す斜視図である。

図15は、ラマン増幅の波長対光パワーの条件を示すグラフである。

5 <発明を実施するための最良の形態>

以下、本発明の実施の形態を、添付図面を参照しながら詳細に説明する。

A. 光通信システム

10 図1は、本発明の光増幅機能を有する光通信システムを示すブロック図である。局舎内の光通信システム構成部分を「親局」といい、中継局内の光通信システム構成部分を「子局」という。光通信システムは、親局1、子局5、光分岐局6及び加入者宅7を備え、親局1と子局5との間を光ファイバ2で接続している。光ファイバ2はシングルモードファイバを用いている。

15 親局1から子局5への下り伝送信号及び子局5から親局1への上り伝送信号は、それぞれパケットで構成される。

20 親局1は、上位のネットワーク（インターネットなど）から送られてくるパケットを受けて、光ネットワークを通して子局5に送り出し、子局5から送られてきたパケットを受信し、上位のネットワークに送り出す機能を有している。

親局1は、光ファイバとの接続端となるメディアコンバータ(Media Converter)、レイヤ2スイッチ、及び上位のネットワークの接続端となるブロードバンドアクセスルータ等を備えている。

25 子局5は、ブロードバンド信号を光ネットワークに送受するメディアコンバータ(Media Converter)、光伝送路終端装置OLT(Optical Line Terminals)等を備えている。

加入者宅7は、宅内に設置されるパーソナルコンピュータPC、パーソナルコンピュータPCのブロードバンド信号を光ネットワークに送受する光加入者線終端装置ONU(Optical Network Unit)等を備えている。

前記光通信システムの動作を簡単に説明すると、上位のネットワークから親局 1 に入ってくる下りパケットは、親局 1 においてレイヤ 2 スイッチで所定の処理が行われる。そして、メディアコンバータを通して光ネットワークに送信される。光ネットワークに送信された光信号は、子局 5 に送信され、子局 5 は、その光信号を取り込み、パケットを復号解読する。

一方、子局 5 から送信される上りパケットは、親局 1 に送信される。親局 1 では、レイヤ 2 スイッチで所定の処理が行われた後、ここからブロードバンドアクセスルータを介して上位のネットワークに送信される。

親局 1 から送信される信号の符号化方法は、データの 0 や 1 の状態が長く続いても、高レベルか低レベルかに片寄らない方法を採用する。例えばデータが 0 のときはビットの中央で高レベルから低レベルへ反転し、データが 1 のときはビットの中央で低レベルから高レベルへ反転するマンチェスタ符号を採用することができる。また、NRZ 符号を採用するときは、もともとのデータに冗長ビットを付加し、0 や 1 が続かないように変換する方式を用いても同じ効果が得られる。

以下、この光ネットワークに備えられる光増幅機能を説明する。

図 2 は、親局 1 のメディアコンバータ及び子局 5 のメディアコンバータ相互の接続状態を示すネットワーク構成図である。この構成は、親局 1 のメディアコンバータにハイパワーの信号用レーザダイオード (High L D) を設置して、この光により子局 5 から親局 1 までの上り信号を増幅している。

親局 1 のメディアコンバータは、下り信号用のレーザダイオード (High L D ; 送信波長 $1.4\mu\text{m}$) と、上り信号用受光ダイオード (P D ; 受信波長 $1.5\mu\text{m}$) とを具備している。High L D と P D とは、WDMF (Wavelength Division Multiplexing Filter; 波長分割多重フィルタ) を通して光ファイバ 2 に接続されている。P D には、受信したい波長のみ通過させるバンドパス光フィルタ BPF が付加されている。

WDMF は、図 1 4 に示すように、誘電体基板 6 0 に導波路 6 1, 6 2 を入型に設け、導波路 6 1, 6 2 の接点部に誘電体多層膜フィルタ 6 3

を形成した構造を有する。導波路62を伝搬する波長 λ_1 の光は、接点部で反射され、導波路61を伝搬する波長 λ_2 の光は、接点部を通過する。反射する波長 λ_1 の範囲、通過する波長 λ_2 の範囲は、誘電体多層膜フィルタ63の設計により設定することができる。

- 5 子局5のメディアコンバータは、上り信号用のレーザダイオード（信号用LD；送信波長 $1.5\mu\text{m}$ ）と、下り信号用受光ダイオード（PD；受信波長 $1.4\mu\text{m}$ ）と、WDMFと、BPFとを具備している。

親局1のHigh LDからの波長 $1.4\mu\text{m}$ の光は、WDMFを通過して、光ファイバ2を通り、子局5のメディアコンバータのWDMF、BPFを
10 通り、PDにより受光される。

子局5の信号用LDからの光は、WDMFを通り、光ファイバ2を通過して親局1のメディアコンバータに入る。この上り信号用の光は、親局1の中で、WDMFにより反射され、親局1のPDによって受光される。

- 前記親局1のHigh LDからの波長 $1.4\mu\text{m}$ の光は、上り信号用の波長
15 $1.5\mu\text{m}$ の光より波長が約 $0.1\mu\text{m}$ 短いので、光ファイバ2において、上り信号用の波長 $1.5\mu\text{m}$ の光を増幅することができる。

なお、光ファイバ2の親局側部分の一部、例えば3km分を高非線形性ファイバ（HNLF）で、残りの部分をSMF（Single Mode Fiber）で構成することにより、さらに効果的に上り信号光を増幅できる。

- 20 図2の構成において、電力設計例をあげる。光ファイバ2を100kmとし、親局のメディアコンバータ寄りの4kmの部分をHNLFで構成し、光分岐局寄りの96kmの部分をSMFで構成する。

HNLFの伝搬損失は、波長 $1.4\mu\text{m}$ で 0.7dB/km 、波長 $1.5\mu\text{m}$ で 0.5dB/km とする。SMFの伝搬損失は波長 $1.4\mu\text{m}$ で
25 0.4dB/km 、波長 $1.5\mu\text{m}$ で 0.2dB/km とする。

<下り信号>

High LDの光パワー； 26dBm

WDMFの透過損失； 1dB

HNLFの伝搬損失； $0.7\text{dB/km} \times 4\text{km} = 2.8\text{dB}$

SMFの伝搬損失； $0.4 \text{ dB/km} \times 96 \text{ km} = 38.4 \text{ dB}$

WDMFの透過損失； 1 dB

BPFの透過損失； 1 dB

以上の場合、子局のメディアコンバータでの受信光電力は -18.2 dBm

5 Bmとなる。

<上り信号>

信号用LDの光パワー； 0 dBm

WDMFの透過損失； 1 dB

SMFの伝搬損失； $0.2 \text{ dB/km} \times 96 \text{ km} = 19.2 \text{ dB}$

10 HNLFの伝搬損失； $0.5 \text{ dB/km} \times 4 \text{ km} = 2.0 \text{ dB}$

SMFのラマン利得； $1.2 \text{ dB} \rightarrow \text{半分} 0.6 \text{ dB}$

HNLFのラマン利得； $11.6 \text{ dB} \rightarrow \text{半分} 8.8 \text{ dB}$

WDMFの透過／反射損失； 1 dB

BPFの透過損失； 1 dB

15 光ファイバ2のラマン利得を無視する場合、親局のPDで受信される上り信号の受信電力は、 -24.2 dBm となる。

光ファイバ2に下り光パワーの 25 dBm を注入しているので、計算上、光ファイバ2の高非線形性部のラマン利得は 11.6 dB 、SMF部のラマン利得は 1.2 dB となる。しかし、親局のメディアコンバータのHigh

20 LDは常時発光しているのではない。1000BASE-LXの光信号は、NRZ符号を採用しているが、もともとのデータ8ビットに冗長ビット2ビットを付加し、0や1が続かないように変換しているので、無信号状態でも、0のビット数と1のビット数がほぼ等しくなるように符号化されるため、発光時間を約半分とみなすことができる。すると、光ファイバ2のHNLF

25 のラマン利得は約半分の 8.8 dB 、SMFのラマン利得は約半分の 0.6 dB となる。したがって、親局のメディアコンバータのPD受信電力は、 -24.2 dBm に $(8.8 + 0.6) \text{ dB}$ を足した -14.8 dBm となる。これは、親局のメディアコンバータにおいて余裕をもって受信できるレベルである。

B. PONシステム

図3は、本発明の光増幅機能を有するPONシステムを示すブロック図である。局舎内のPONシステム構成部分を「親局」といい、加入者宅内のPONシステム構成部分を「子局」という。PONシステムは、親局1、
5 複数の子局5、及び光分岐局（リモートノードともいう）3を備え、親局1と光分岐局3との間を一芯の幹線光ファイバ2で接続し、光分岐局3と複数の子局5との間をそれぞれ支線光ファイバ4で接続している。幹線光ファイバ2と支線光ファイバ4とを総称して「光ファイバ」という。光ファイバはシングルモードファイバを用いている。

- 10 親局1から子局5への下り伝送信号及び子局5から親局1への上り伝送信号は、それぞれパケットで構成される。

親局1は、上位のネットワーク（インターネットなど）から送られてくるパケットを受けて、光ネットワークを通して子局5に送り出し、子局5から送られてきたパケットを受信し、上位のネットワークに送り出す機能を有している。

- 15 親局1は、光ファイバとの接続端となる光伝送路終端装置OLT (Optical Line Terminals)、レイヤ2スイッチ、及び上位のネットワークの接続端となるブロードバンドアクセスルータ等を備えている。

- 20 子局5は、宅内に設置されるパーソナルコンピュータPC、パーソナルコンピュータPCのブロードバンド信号を光ネットワークに送受する光加入者線終端装置ONU (Optical Network Unit)等を備えている。

- 25 前記PONシステムの動作を簡単に説明すると、上位のネットワークから親局1に入ってくる下りパケットは、親局1においてレイヤ2スイッチで所定の処理が行われる。そして、光伝送路終端装置OLTを通して光ネットワークに送信される。光ネットワークに送信された光信号は、光分岐局3で分岐され、光分岐局3につながる一部又は全部の子局5に送信されるが、送信先アドレスの合致した子局5がその光信号を取り込み、パケットを復号解読する。

一方、子局5から送信される上りパケットは、光分岐局3を経由して親

局 1 に送信される。親局 1 では、レイヤ 2 スイッチで所定の処理が行われた後、ここからブロードバンドアクセスルータを介して上位のネットワークに送信される。

- 5 親局 1 から送信される信号の符号化方法は、データの 0 や 1 の状態が長く続いても、高レベルか低レベルかに片寄らない方法を採用する。例えばデータが 0 のときはビットの中央で高レベルから低レベルへ反転し、データが 1 のときはビットの中央で低レベルから高レベルへ反転するマンチエスタ符号を採用することができる。また、NRZ 符号を採用するときは、もともとのデータに冗長ビットを付加し、0 や 1 が続かないように変換する方式を用いて同じ効果が得られる。

10 以下、この光ネットワークに備えられる光増幅機を実現するための構成を説明する。

図 4 は、親局 1 の光伝送路終端装置 OLT、光分岐局 3 及び子局 5 の光加入者線終端装置 ONU 相互の接続状態を示すネットワーク構成図である。

- 15 この構成は、OLT にハイパワーの信号用レーザダイオード (High L D) を設置して、光分岐局 3 から親局 1 までの上り信号を増幅している。

- 光伝送路終端装置 OLT は、下り信号用のレーザダイオード (High L D ; 送信波長 $1.4\mu\text{m}$) と、上り信号用受光ダイオード (PD ; 受信波長 $1.5\mu\text{m}$) とを具備している。High L D と PD とは、WDMF (Wavelength Division Multiplexing Filter; 波長分割多重フィルタ) を通して幹線光ファイバ 2 に接続されている。

- 20 WDMF は、図 14 に示すように、誘電体基板 60 に導波路 61, 62 を入型に設け、導波路 61, 62 の接点部に誘電体多層膜フィルタ 63 を形成した構造を有する。導波路 62 を伝搬する波長 λ_1 の光は、接点部で反射され、導波路 61 を伝搬する波長 λ_2 の光は、接点部を通過する。反射する波長 λ_1 の範囲、通過する波長 λ_2 の範囲は、誘電体多層膜フィルタ 63 の設計により設定することができる。

子局 5 の光加入者線終端装置 ONU は、上り信号用のレーザダイオード (信号用 L D ; 送信波長 $1.5\mu\text{m}$) と、下り信号用受光ダイオード (PD ;

受信波長 $1.4\mu\text{m}$) を具備している。

光分岐局 3 は、幹線光ファイバ 2 と、支線光ファイバ 4 とをつなぐ、光合分波のためのスターカップラーを備えている。

- 5 親局 1 の High LD からの波長 $1.4\mu\text{m}$ の光は、WDMF を通過して、
幹線光ファイバ 2 を通り光分岐局 3 に入り、ここでスターカップラーにより複数 (例えば 32) に分波されて、支線光ファイバ 4 にそれぞれ伝搬され、各子局 5 の光加入者線終端装置 ONU の PD により受光される。

- 10 子局 5 の信号用 LD からの光は、支線光ファイバ 4 を通って光分岐局 3 に入射され、ここでスターカップラーにより合波されて幹線光ファイバ 2 を通り親局 1 の光伝送路終端装置 OLT に入る。この上り信号用の光は、OLT の中で、WDMF により反射され、親局 1 の PD によって受光される。

- 15 前記親局 1 の High LD からの波長 $1.4\mu\text{m}$ の光は、上り信号用の波長 $1.5\mu\text{m}$ の光より波長が約 $0.1\mu\text{m}$ 短いので、幹線光ファイバ 2 において、
上り信号用の波長 $1.5\mu\text{m}$ の光を増幅することができる。

なお、幹線光ファイバ 2 の親局側部分の、例えば 3 km 分を高非線形性ファイバで、残りの部分を SMF (Single Mode Fiber) で構成することにより、さらに効果的に上り信号光を増幅できる。

- 20 ラマン増幅を用いる場合、強いパワーの信号用光が必要となり、安全上の配慮が必要となるが、本構成では、伝送路・スターカップラーにより増幅光が減衰されるため、一般加入者が触れる可能性の高い加入者宅及び ONU での信号用光のパワーは十分減衰しており、安全上の配慮が不要か、若しくは簡単な配慮で済むようになる。

- 25 図 4 の構成において、電力設計例をあげる。幹線光ファイバ 2 を 12 km とし、その OLT 寄りの 3 km の部分を高非線形性ファイバで構成し、光分岐局寄りの 9 km の部分を SMF で構成する。支線光ファイバ 4 は 4 km とする。

<下り信号>

OLT の High LD の光パワー ; 24 dBm

WDMFの透過損失；1 dB

高非線形性幹線光ファイバ2の伝搬損失； $0.7 \text{ dB/km} \times 3 \text{ km} = 2.1 \text{ dB}$

1 dB

SMF 幹線光ファイバ2の伝搬損失； $0.4 \text{ dB/km} \times 9 \text{ km} = 3.6$

5 dB

スターカップラーの分波／合波損失；18.5 dB

支線光ファイバ4の伝搬損失； $0.4 \text{ dB/km} \times 4 \text{ km} = 1.6 \text{ dB}$

WDMFの透過損失；1 dB

<上り信号>

10 ONUの信号用LDの光パワー；0 dBm

WDMFの透過損失；1 dB

支線光ファイバ4の伝搬損失； $0.2 \text{ dB/km} \times 4 \text{ km} = 0.8 \text{ dB}$

スターカップラーの分波／合波損失；18.5 dB

SMF 幹線光ファイバ2の伝搬損失； $0.2 \text{ dB/km} \times 9 \text{ km} = 1.8$

15 dB

SMF 幹線光ファイバ2のラマン利得； $0.75 \text{ dB} \rightarrow$ 半分 0.4 dB

高非線形性幹線光ファイバ2の伝搬損失； $0.5 \text{ dB/km} \times 3 \text{ km} = 1.5 \text{ dB}$

5 dB

高非線形性幹線光ファイバ2のラマン利得； $6.8 \text{ dB} \rightarrow$ 半分 4.6 dB

20 WDMFの透過／反射損失；1 dB

以上の場合、ONUからの上り信号光が支線光ファイバ4を伝搬してスターカップラーを通過した地点で、信号電力は -20.3 dBm となる。

幹線光ファイバ2のラマン利得を無視する場合、親局のPDで受信される上り信号の受信電力は、 -24.6 dBm である。

25 幹線光ファイバ2に下り光パワー 23 dBm を注入しているので、計算上、幹線光ファイバ2の高非線形性部のラマン利得は 6.8 dB 、SMF部のラマン利得は 0.75 dB となる。しかし、OLTのHigh Ldは常時発光しているのではない。1000BASE-LXの光信号は、NRZ符号を採用しているが、もともとのデータ8ビットに冗長ビット2ビットを付加し、

0や1が続かないように変換しているので、無信号状態でも、0のビット数と1のビット数がほぼ等しくなるように符号化されるため、発光時間を約半分とみなすことができる。すると、幹線光ファイバ2の高非線形性部のラマン利得は約半分の4.6 dB、SMF部のラマン利得は約半分の0.4 dBとなる。したがって、親局のOLTのPD受信電力は、幹線光ファイバ2での利得(4.6 + 0.4) dBが加わって、-19.6 dBmとなる。これは、OLTにおいて余裕をもって受信できるレベルである。

なお、OLTのHigh LDの光がONUに到達した場合の、ONUでの受信電力は、-3.8 dBmとなる。これは、加入者が触れても安全なパワーとなっている。

図5は、親局1の光伝送路終端装置OLT、光分岐局3、及び子局5の光加入者線終端装置ONU相互の接続状態を示すネットワーク構成図である。この構成では、OLTにハイパワーの信号用レーザダイオード(High LD; 送信波長 $1.4\mu\text{m}$)と、複数の上り信号用受光ダイオード(PD1~PDN; 受信波長 $1.5\mu\text{m}$ 帯)とを設置している。さらに、OLTに入ってきた上り信号光を波長分割するAWGを設置している。AWGとHigh LDとは、WDMFを通して幹線光ファイバ2に接続されている。

光分岐局3では、WDMFとAWGとが設置されている。WDMFは、High LDからの波長 $1.4\mu\text{m}$ の光を反射し、スターカップラーに供給する。スターカップラーは、支線光ファイバ41を通して下り信号光を各ONUに送り出す。AWGは、支線光ファイバ42を伝搬してきた上り信号を合波し、幹線光ファイバ2に送り出す。

親局1のHigh LDからの波長 $1.4\mu\text{m}$ の光は、WDMFを通過して、幹線光ファイバ2を通り光分岐局3に入り、ここで、WDMFで反射されて、スターカップラーにより複数(例えば32)に分波されて、支線光ファイバ41にそれぞれ伝搬され、各子局5の光加入者線終端装置ONUのPDにより受光される。

子局5のONUの信号用LDからの波長 $1.5\mu\text{m}$ 帯の光は、支線光ファイバ42を通して光分岐局3に入射され、ここでAWGにより波長多重

(WDM) されて、WDMF を通って、幹線光ファイバ 2 を伝搬し親局 1 の OLT に入る。この上り信号用の光は、OLT の中で、WDMF により反射され、さらに AWG によって波長ごとに分波され、親局 1 の PD1~PDN のいずれかによって受光される。

- 5 前記親局 1 の High LD からの波長 $1.4\mu\text{m}$ の光は、上り信号用の波長 $1.5\mu\text{m}$ 帯の光より波長が約 $0.1\mu\text{m}$ 短いので、幹線光ファイバ 2 において、上り信号用の波長 $1.5\mu\text{m}$ 帯の光を増幅することができる。

- さらに、この構成では上り光信号の合波、分波に損失の少ない AWG を用いているので、ONU の信号用 LD のパワーを少ないものにでき、一般
10 加入者が触れる可能性の高い加入者宅及び ONU での安全が確保しやすくなる。

- 図 5 の構成において、電力設計例をあげる。幹線光ファイバ 2 を 20km とし、その OLT 寄りの 3km の部分を高非線形性ファイバで構成し、光分岐局寄りの 17km の部分を SMF で構成する。支線光ファイバ 4 1,
15 4 2 の長さは 4km とする。

<下り信号>

OLT の High LD の光パワー ; 24dBm

WDMF の透過損失 ; 1dB

高非線形性幹線光ファイバ 2 の伝搬損失 ; $0.7\text{dB/km} \times 3\text{km} = 2.1\text{dB}$

- 20 1dB

SMF 幹線光ファイバ 2 の伝搬損失 ; $0.4\text{dB/km} \times 17\text{km} = 6.8\text{dB}$

8dB

スターカップラーの分波/合波損失 ; 18.5dB

支線光ファイバ 4 の伝搬損失 ; $0.4\text{dB/km} \times 4\text{km} = 1.6\text{dB}$

- 25 WDMF の透過損失 ; 1dB

<上り信号>

ONU の信号用 LD の光パワー ; 0dBm

WDMF の透過損失 ; 1dB

支線光ファイバ 4 の伝搬損失 ; $0.2\text{dB/km} \times 4\text{km} = 0.8\text{dB}$

AWGの分波／合波損失；6 dB

SMF幹線光ファイバ2の伝搬損失； $0.2 \text{ dB/km} \times 17 \text{ km} = 3.4 \text{ dB}$

4 dB

SMF幹線光ファイバ2のラマン利得； $0.84 \text{ dB} \rightarrow$ 半分 0.4 dB

5 高非線形性幹線光ファイバ2の伝搬損失； $0.5 \text{ dB/km} \times 3 \text{ km} = 1.5 \text{ dB}$

5 dB

高非線形性幹線光ファイバ2のラマン利得； $6.8 \text{ dB} \rightarrow$ 半分 4.6 dB

AWGの分波／合波損失；6 dB

WDMFの透過／反射損失；1 dB

10 以上の場合、ONUからの上り信号光が支線光ファイバ4を伝搬してAWGを通過した地点で、信号電力は -6.8 dBm となる。

幹線光ファイバ2のラマン利得を無視する場合、親局のPDで受信される上り信号の受信電力は、 -19.7 dBm である。

15 幹線光ファイバ2に下り光パワー 23 dBm を注入しているので、計算上、幹線光ファイバ2の高非線形性部のラマン利得は 6.8 dB 、SMF部のラマン利得は 0.84 dB となる。しかし、OLTのHigh LDは常時発光しているのではない。1000BASE-LXの光信号は、無信号状態でも、0のビット数と1のビット数がほぼ等しくなるように符号化されるため、発光時間を約半分とみなす。すると、幹線光ファイバ2の高非線形性部の

20 ラマン利得は約半分の 4.6 dB 、SMF部のラマン利得は約半分の 0.4 dB となる。したがって、親局のOLTのPD受信電力は、幹線光ファイバ2での利得 $(4.6 + 0.4) \text{ dB}$ が加わって、 -14.7 dBm となる。これは、OLTにおいて余裕をもって受信できるレベルである。

25 なお、OLTのHigh LDの光がONUに到達した場合の、ONUでの受信電力は、 -7 dBm となる。これは、加入者が触れても安全なパワーとなっている。

下り光信号の符号にマンチェスタ符号を使用し、実効屈折率が 1.46 、長さ 10 km の光ファイバで、 10 Mbps の通信速度で信号を伝搬するとする。このとき、光ファイバの中には、約 500 ビットの情報が存在する。

符号化にてマンチェスタ符号を使用するため、符号化するデータによるものの1組のオン状態とオフ状態の組合せで1ビット若しくは2ビットを符号化することができる。すると前記光ファイバ内に250組から500組のオン状態とオフ状態の組合せが存在することになる。約半分はオン状態であり、約半分はオフ状態ビットであるため、その光ファイバ全体でラマン増幅にておよそ半分のゲインを得ることができる。

5 なお、1000BASE-LX では8ビットの情報を、物理層で冗長度を持たせて10ビットに変換して通信している。この符号の中でごく一部の例外を除き、少なくとも2回のオン状態と2回のオフ状態が存在し、オン状態とオフ状態がほぼ半分ずつになるように配置されている。したがって、1000BASE-LX では、前後の情報にもよるが、8ビットの情報を符号化するためには、ごく一部の例外を除き、少なくとも2組のオン状態とオフ状態の組合せが必要と考えることができる。伝送速度が1Mビット/秒であるので、8ビットの情報が占める光ファイバの長さは約1.6mとなり、1
10 組のオン状態とオフ状態の組合せが占める長さは約0.8m以下と考えることができる。

図6は、親局1の光伝送路終端装置OLT、光分岐局3及び子局5の光加入者線終端装置ONU相互の接続状態を示すネットワーク構成図である。この構成は、OLTに増幅用レーザダイオード(LD)を設置して、光分岐局3から親局1までの上り信号を増幅している。
20

親局1の光伝送路終端装置OLTは、下り信号用のレーザダイオード(信号用LD; 送信波長 $1.3\mu\text{m}$)と、上り信号増幅用レーザダイオード(増幅用LD; 送信波長 $1.4\mu\text{m}$)と、上り信号用受光ダイオード(PD; 受信波長 $1.5\mu\text{m}$)を具備している。増幅用LDとPDとは、WDMF
25 (Wavelength Division Multiplexing Filter; 波長分割多重フィルタ)を通して幹線光ファイバ22に接続されている。

子局5の光加入者線終端装置ONUは、上り信号用のレーザダイオード(信号用LD; 送信波長 $1.5\mu\text{m}$)と、下り信号用受光ダイオード(PD; 受信波長 $1.3\mu\text{m}$)を具備している。

光分岐局 3 は、幹線光ファイバ 2 1 と、支線光ファイバ 4 1 とをつなぐ、光分波のためのスターカップラー 3 1 と、支線光ファイバ 4 2 と幹線光ファイバ 2 2 とをつなぐ、光合波のためのスターカップラー 3 2 とを備えている。

- 5 親局 1 の信号用 LD からの光は、幹線光ファイバ 2 1 を通り光分岐局 3 に入り、ここでスターカップラー 3 1 により複数（例えば 3 2）に分波されて、支線光ファイバ 4 1 にそれぞれ接続され、各子局 5 の PD により受光される。

- 子局 5 の信号用 LD からの光は、支線光ファイバ 4 2 を通って光分岐局 3 に入射され、ここでスターカップラー 3 2 により合波されて幹線光ファイバ 2 2 を通り親局 1 の光伝送路終端装置 OLT に入る。この上り信号用の光は、OLT の中で、WDMF により反射され、親局 1 の PD によって受光される。一方、親局 1 の増幅用 LD から照射された波長 $1.4\mu\text{m}$ の光は、WDMF を通過して、幹線光ファイバ 2 2 を伝搬し、さらにスターカップラー 3 2 で分波されて支線光ファイバ 4 2 を伝搬する。この波長 $1.4\mu\text{m}$ の光は、上り信号用の波長 $1.5\mu\text{m}$ の光より波長が約 $0.1\mu\text{m}$ 短いので、この間に、上り信号用の波長 $1.5\mu\text{m}$ の光を増幅することができる。

- 20 なお、幹線光ファイバ 2 2 の局側部分の、例えば 3 km 分を高非線形性ファイバで、残りの部分を SMF で構成することにより、さらに効果的に上り信号光を増幅できる。

- ラマン増幅を用いる場合、強いパワーの増幅用光が必要となり、安全上の配慮が必要となるが、本構成では、伝送路・スターカップラーにより増幅光が減衰されるため、一般加入者が触れる可能性の高い加入者宅及び ONU での増幅用光のパワーは十分減衰しており、安全上の配慮が不要か、若しくは簡単な配慮で済むようになる。

図 6 の構成において、電力設計例を説明する。

OLT の信号用 LD の光電力 ; 0 dBm

OLT の増幅用 LD の光電力 ; 25 dBm

幹線光ファイバ21の損失； $0.3 \text{ dB/km} \times 6 \text{ km}$

幹線光ファイバ21のラマン利得； $0.35 \text{ dB/km} \times 6 \text{ km}$

スターカップラー31の分波／合波損失； 18.5 dB

支線光ファイバ41の損失； $0.2 \text{ dB/km} \times 1 \text{ km}$

- 5 ONUの信号用LDの光電力； -8 dBm

WDMFの透過／反射損失； 0.5 dB

以上の場合、ONUからの上り信号光が支線光ファイバ41を伝搬してスターカップラー31を通過した地点で、信号電力は -26.7 dBm となる。

- 10 OLTの増幅用LDがない場合、親局に到達した上り信号の、OLTのPD受信電力は、 -29 dBm である。

OLTの増幅用LDを発光させた場合、親局のOLTのPD受信電力は、幹線光ファイバ21での利得 2.1 dB が加わって、 -26.9 dBm となる。

- 15 なお、OLTの増幅用LDの光が、スターカップラー31で分波されて、ONUに到達した場合の、子局での受信電力は、 4 dBm となる。これは、加入者が触れても安全なパワーとなっている。

図7は、親局1の光伝送路終端装置OLT、光分岐局3、及び子局5の光加入者線終端装置ONU相互の接続状態を示すネットワーク構成図である。この構成では、図6の構成に加えて、光分岐局3にも増幅用LDを設置して、親局1からの下り信号を増幅している。

- 25 図6から追加された部分のみを説明すると、光分岐局3に、増幅用LD（送信波長 $1.2 \mu\text{m}$ ）が設置され、増幅用LDからの増幅光は、WDMFを通して下り幹線光ファイバ21に接続されている。OLTから下り幹線光ファイバ21を伝搬する信号光は、WDMFで反射され、スターカップラー31に入る。一方、親局1の増幅用LDから照射された増幅用光は、WDMFを通過して、親局1と光分岐局3との間の幹線光ファイバ21を伝搬する。この増幅用光の波長 $1.2 \mu\text{m}$ は、下り信号用の波長 $1.3 \mu\text{m}$ の光より、波長が約 $0.1 \mu\text{m}$ 短いので、この間に、下り信号用の光を増幅

することができる。

なお、本実施例では、光分岐局に増幅用LDを設置しているが、OLTでも光分岐局でもない別の局を用意し、そこに増幅用LDを集中的に設置することも可能である。この場合、例えばOLTから離れた一部地域にONUが集中し、その地域の光分岐局同士の距離が短い場合に、各光分岐局ごとに増幅用LDを設置する必要がなくなり、コストを低減できる。

図8は、親局1の光伝送路終端装置OLT、光分岐局3、及び子局5の光加入者線終端装置ONU相互の接続状態を示すネットワーク構成図である。この構成では、親局1の光伝送路終端装置OLTに増幅用LDを1つ設置するだけで、親局1への上り信号と、親局1からの下り信号を増幅できる。

親局1の光伝送路終端装置OLTの構成は、図6、図7を用いて説明したのと全く同様である。ただし、増幅用LDの送信波長が $1.2\mu\text{m}$ であるところが違っている。

光分岐局3においては、WDMFが2つ設けられている。1つのWDMFaは、OLTの増幅用LDからの光を反射させて、もう一つのWDMFbに入力している。このWDMFbに入力された光は、下り幹線光ファイバ21を通してOLTまで到達する。この増幅用光の波長 $1.2\mu\text{m}$ は、下り信号用の波長 $1.3\mu\text{m}$ の光より、波長が約 $0.1\mu\text{m}$ 短いので、この間に、下り信号用の光を増幅することができる。なお、親局1の信号用LDからの波長 $1.3\mu\text{m}$ の光は、WDMFbで反射されてスターカップラー31に入っている。

この構成によれば、親局1の増幅用LDの光を、光分岐局3の2つのWDMFa、WDMFbを経由して、下りと上りの幹線光ファイバに通すことによって、親局1からの下り信号を増幅することができる。これによって、親局1の増幅用LDによって上り増幅光を供給できるため、光分岐局3を無電源化しながら、下り信号光を増幅することができる。

なお、上り信号光を下り信号光と同じ波長 $1.3\mu\text{m}$ にすれば、1つの増幅用LDで、上り下り両方の信号を効率よく増幅することができる。

なお、本実施例では、光分岐局にはWDMFとスターカップラーとを2つずつ用意したが、スターカップラーの代わりにAWGを使用する場合は、AWGのうちの増幅用光の波長にあたるもの同士を接続することによって、同様の効果を得ることができる。

- 5 図9は、図7の構成に追加して、子局5の光加入者線終端装置ONUから親局1の光伝送路終端装置OLTへ上り光信号を、光分岐局3に設置した増幅用LDの光によって増幅するPONシステムの構成を示している。

- 10 図7から追加された部分のみを説明すると、光分岐局3に、増幅用LD b (送信波長 $1.2\mu\text{m}$) が設置され、増幅用LD bからの増幅光は、WDMFを通してスターカップラー32に入り分波されて、各子局5への支線光ファイバ42に伝搬される。ONUの信号用LDからの上り信号 (送信波長 $1.3\mu\text{m}$) は、光分岐局3に到達する間に、支線光ファイバ42の中で、前記増幅光により、増幅される。

- 15 なお、本実施例では、WDMFと、1対Nのスターカップラーとを使用した。2対Nのスターカップラーのみでも同様の効果を実現できる。この場合、光パワーは半減するものの、WDMFが不要となるため低価格化、小型化が実現できる。

- 20 以下の例では、光信号を双方向に伝搬させるシングルモード光ファイバを用いている。

- 25 図10は、親局1の光伝送路終端装置OLT、子局5の光加入者線終端装置ONU相互の接続状態を示すネットワーク構成図である。この構成は、OLTに2つの増幅用LD2, LD3を設置して、LD2の光を親局1と光分岐局3との間の幹線光ファイバ2を伝搬する下り信号を増幅し、LD3の光で、親局1と光分岐局3との間の幹線光ファイバ2、及び光分岐局3と子局5の間の支線光ファイバ4を伝搬する上り信号を増幅している。

親局1の光伝送路終端装置OLTは、下り信号用のレーザダイオード (信号用LD1; 送信波長 $1.5\mu\text{m}$) と、下り信号増幅用レーザダイオード (増幅用LD2; 送信波長 $1.4\mu\text{m}$) と、上り信号増幅用レーザダイオード

(増幅用LD3; 送信波長 $1.2\mu\text{m}$)と、受光ダイオード(PD; 受信波長 $1.3\mu\text{m}$)と、3つのWDMFa~WDMFcを具備している。増幅用LD2の光は、第1のWDMFaで反射され、第3のWDMFcで反射され、光分岐局3まで幹線光ファイバ2を伝搬していく。増幅用LD3の光は、第2のWDMFb、第3のWDMFcを通過して、光分岐局3まで幹線光ファイバ2を伝搬していく。

光分岐局3では、バンドエリミネーション型の光通過フィルタFBG (Fiber Bragg Grating) 34が挿入されている。この光通過フィルタは、波長 $1.4\mu\text{m}$ の光を反射させ、それ以外の波長の光を通過させる。このため、増幅用LD2からの波長 $1.4\mu\text{m}$ の光は反射されて親局1に戻る。これにより、信号用LD1の波長 $1.5\mu\text{m}$ の光は、幹線光ファイバ2を伝搬するときに戻ってきた増幅用LD2の波長 $1.4\mu\text{m}$ の光により増幅される。これによって、親局1の増幅用LD2によって上り増幅光を供給できるため、光分岐局3を無電源化しながら、下り信号光を増幅することができる。

増幅用LD3からの波長 $1.2\mu\text{m}$ の光はFBG34を通過して、光合分波器として機能するスターカップラー33で分波されて、各子局5までの支線光ファイバ4を伝送する。

子局5の光加入者線終端装置ONUは、上り信号用のレーザダイオード(信号用LD; 送信波長 $1.3\mu\text{m}$)と、下り信号用受光ダイオード(PD; 受信波長 $1.5\mu\text{m}$)と、WDMFとを搭載している。支線光ファイバ4から伝搬してきた下り信号は、WDMFで反射してPDに送られる。信号用LDからの光は、WDMFを通過して支線光ファイバ4を上り方向に伝搬する。

この信号用LDからの上り信号用光の波長は $1.3\mu\text{m}$ であり、増幅用LD3からの下り増幅用光の波長は $1.2\mu\text{m}$ であるので、この信号用LDからの上り信号用光は、光分岐局3と子局5の間の支線光ファイバ4を伝搬する間に増幅されるとともに、親局1と光分岐局3との間の幹線光ファイバ2を伝搬する間に増幅される。

図11は、親局1の光伝送路終端装置OLT及び子局5の光加入者線終

端装置ONU相互の接続状態を示すネットワーク構成図である。この構成では、親局1に2つの増幅用LD2, LD3を設置して、LD2の光で親局1と光分岐局3との間の幹線光ファイバ2を伝搬する下り信号を増幅し、LD3の光で親局1と光分岐局3との間の幹線光ファイバ2、及び光分岐局3と子局5の間の支線光ファイバ4を伝搬する上り信号を増幅している。

図10と相違する点は、下り信号用のレーザダイオードLD1の送信波長が $1.3\mu\text{m}$ であり、受光ダイオードPDの受信波長が $1.5\mu\text{m}$ であり、増幅用LD2の送信波長が $1.2\mu\text{m}$ であり、増幅用LD3の送信波長が $1.4\mu\text{m}$ となっていることと、光分岐局3に、WDMFdと、バンド反射型の光反射フィルタFBG34と、両素子を接続する光ファイバ35が設置されていることである。このWDMFdは、波長 $1.2\mu\text{m}$ の光を反射させ、それ以外の波長の光を通過させる。光反射フィルタFBG34は、WDMFdから反射された波長 $1.2\mu\text{m}$ の光を全反射させる。

このため、増幅用LD2からの波長 $1.2\mu\text{m}$ の光は、WDMFdに戻り、幹線光ファイバ2を伝搬して親局1に戻る。これにより、信号用LD1の波長 $1.3\mu\text{m}$ の光は、幹線光ファイバ2を伝搬するときに、戻ってきた増幅用LD2の波長 $1.2\mu\text{m}$ の光により増幅される。これによって、親局1の増幅用LD2によって上り増幅用光を供給できるため、光分岐局3を無電源化しながら、下り信号光を増幅することができる。

増幅用LD3からの波長 $1.4\mu\text{m}$ の光は通過して、光合分波器として機能するスターカップラー33で分波されて、各子局5までの支線光ファイバ4を伝送する。

子局5は、上り信号用LDの送信波長が $1.5\mu\text{m}$ であり、下り信号用PDの受信波長が $1.3\mu\text{m}$ と、図10と逆になっているところが相違しているのみである。

この信号用LDからの波長 $1.5\mu\text{m}$ の上り信号用光は、光分岐局3と子局5の間の支線光ファイバ4を伝搬する間に、増幅用LD3からの波長 $1.4\mu\text{m}$ の光で増幅され、親局1と光分岐局3との間の幹線光ファイバ2

を伝搬する間にも増幅用LD3からの波長 $1.4\mu\text{m}$ の光で増幅される。

なお、前記FBG34に代えて、WDMFdからの反射光を伝搬させる光ファイバ35の端面を、金属膜コーティングなどで反射処理してもよい。これによりWDMFdから反射された波長 $1.2\mu\text{m}$ の光を全反射させることができる。

また、本実施例では、スターカップラーの前のWDMFにて増幅用光を抽出しているが、光合分波器33としてAWGを使用する場合には、該当増幅用光を抽出するポートに全反射させるデバイス（FBG、全反射するように端面加工された光ファイバなど）を設置することでも、同様の効果を得ることができる。

図12は、親局1の光伝送路終端装置OLT、子局5の光加入者線終端装置ONU相互の接続状態を示すネットワーク構成図である。この構成では、親局1に2つの増幅用LD1、LD2を設置して、親局1と光分岐局3との間の幹線光ファイバ2を伝搬する上り、下り信号を増幅している。

親局1の光伝送路終端装置OLTは、信号用の8つのレーザダイオード（信号用LD1～LD8；送信波長 $1.5\mu\text{m}$ 帯）と、下り信号増幅用レーザダイオード（増幅用LD2；送信波長 $1.4\mu\text{m}$ ）と、上り信号増幅用レーザダイオード（増幅用LD1送信波長 $1.2\mu\text{m}$ ）と、8つの受光ダイオード（PD1～PD8；受信波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯）と、2つのAWG（Arrayed-Wavelength Grating）と、2つのWDMFを搭載している。

前記8つの送信信号は、AWGにより波長多重（WDM）されて、幹線光ファイバを伝搬する。受信信号はAWGにより波長ごとに分波されて各PDにより受光される。

また、親局1と光分岐局3との間に単独に光ファイバ23が配設されている。

光分岐局3では、WDMFとAWGとが設置されている。WDMFは、増幅用LD2からの波長 $1.4\mu\text{m}$ の光を反射し、他の光は通過させる。AWG波、幹線光ファイバ2を伝搬してきた下り信号を波長ごとに分波し、支線光ファイバ4を通して各ONUに送り出す。

この構成の動作を説明する。増幅用LD2の波長 $1.4\mu\text{m}$ の光は、単独に配設された光ファイバ23を通して光分岐局3に達し、光分岐局3でWDMFにより反射されて幹線光ファイバ2を上り方向に伝搬して、親局1に戻る。

- 5 増幅用LD1の波長 $1.2\mu\text{m}$ の光は、2つのWDMFを通過して、幹線光ファイバ2を下り方向に伝搬していく。

一方、親局1の信号用LD1～LD8のいずれか（例えば信号用LD1とする）から出射された波長 $1.5\mu\text{m}$ 帯の光信号は、AWGを通過して、WDMFで反射されて、幹線光ファイバ2を出て行く。この伝搬時に、増幅用LD2の波長 $1.4\mu\text{m}$ の戻り光により増幅される。これによって、親局1の増幅用LD2によって上り増幅光を供給できるため、光分岐局3を無電源化しながら、下り信号光を増幅することができる。

子局5から出て、光分岐局3に達した波長 $1.3\mu\text{m}$ の光は、光分岐局3の中のAWG、WDMFを通過して、幹線光ファイバ2を伝搬して親局1に到達する。この幹線光ファイバ2の伝搬時に、増幅用LD1の波長 $1.2\mu\text{m}$ の光により増幅される。

このように、上り下りの光信号ともに、増幅用LD1、LD2の光により増幅することができる。

なお、幹線光ファイバ2に高非線形性ファイバを、もう一方の光ファイバ23にSMFを使用するとさらに効果的である。

図13は、親局1の光伝送路終端装置OLT子局5の光加入者線終端装置ONU相互の接続状態を示すネットワーク構成図である。この構成は、図12と同様、親局1に2つの増幅用LD1、LD2を設置して、親局1と光分岐局3との間の幹線光ファイバ2を伝搬する上り、下り信号を増幅している。

図12と異なるところは、光分岐局3において、WDMFを設置するのに代えて、単独に配設された光ファイバ23を伝搬してきた増幅用LD2の光を、子局5からの光と同様、AWGの子局5側の一分岐から、AWGに入れていることである。

- これにより、光分岐局 3・親局 1 間の幹線光ファイバ 2 に、親局 1 に向かって波長 $1.4\mu\text{m}$ の増幅用の光を伝搬させることができる。したがって、親局 1 から出る波長 $1.5\mu\text{m}$ の下り信号用光を増幅することができる。これによって、親局 1 の増幅用 LD 2 によって上り増幅光を供給できるため、
- 5 光分岐局 3 を無電源化しながら、下り信号光を増幅することができる。

- 以上で、本発明の実施の形態を説明したが、本発明の実施は、前記の形態に限定されるものではない。例えば、以上の実施形態では、子局の ONU には、上り信号用 LD と下り信号用 PD をそれぞれ具備していたが、上り信号用 LD を省略し、下り信号として入射される光を 3 dB カップラー
- 10 で分波して、波長を変える変調処理(特開 2001-177505 号参照)を行って、上り信号光として利用してもよい。また、受光ダイオード PD の前段に光フィルタを設置してもよい。その他、本発明の範囲内で種々の変更を施すことが可能である。

請 求 の 範 囲

1. 親局と子局との間を光ファイバで接続した光通信システムにおいて、

5 下り信号光を発生する信号用光源の波長を、光ファイバを伝搬する上り光信号をラマン増幅する効果を持つ波長とし、光ファイバにおいて、親局・子局間で伝送される上り光信号が当該光ファイバを伝搬する間に、その上り光信号が増幅されることを特徴とする光通信システム。

2. 前記光ファイバの少なくとも一部に高非線形性ファイバを使用することを特徴とする請求項1記載の光通信システム。

10 3. 前記下り信号光には、オンオフされる光を使用し、その変調方式には、データの符号0が続いたときでもオン状態とオフ状態が変動し、符号1が続いたときでもオン状態とオフ状態が変動する変調方式を使用する請求項1又は請求項2記載の光通信システム。

15 4. 前記幹線光ファイバにおいて、上り信号光が増幅される部分の長さが、前記下り信号光のオン状態とオフ状態の組に対応する光ファイバの長さより長い距離である請求項3記載の光通信システム。

5. 親局において、受光素子に入射する光の波長を選択するための光フィルタが設けられていることを特徴とする請求項1～請求項4のいずれかに記載の光通信システム。

20 6. 親局と、受動型光分岐器を備える光分岐局の間を幹線光ファイバで接続し、光分岐局と複数の子局との間をそれぞれ支線光ファイバで接続したPON(Passive Optical Network)システムにおいて、

25 下り信号光を発生する信号用光源の波長を、幹線光ファイバを伝搬する上り光信号をラマン増幅する効果を持つ波長とし、幹線光ファイバにおいて、親局・子局間で伝送される上り光信号が当該幹線光ファイバを伝搬する間に、その上り光信号が増幅されることを特徴とするPONシステム。

7. 前記幹線光ファイバの少なくとも一部に高非線形性ファイバを使用することを特徴とする請求項6記載のPONシステム。

8. 前記下り信号光には、オンオフされる光を使用し、その変調方式

には、データの符号0が続いたときでもオン状態とオフ状態が変動し、符号1が続いたときでもオン状態とオフ状態が変動する変調方式を使用する請求項6又は請求項7記載のPONシステム。

- 5 9. 前記幹線光ファイバにおいて、上り信号光が増幅される部分の長さが、前記下り信号光のオン状態とオフ状態の組に対応する幹線光ファイバの長さより長い距離である請求項8記載のPONシステム。

10. 信号用光源と光合分波器が親局に設置され、信号用光を、光合分波器を通して、親局から光分岐局に向けて幹線光ファイバに注入することを特徴とする請求項6～請求項9のいずれかに記載のPONシステム。

- 10 11. 受動型光分岐器としてスターカプラーを使用する請求項6～請求項10のいずれかに記載のPONシステム。

- 15 12. 受動型光分岐器として、下り信号光には、スターカプラーを使用し、上り信号光には、波長の違いを利用して上り信号光を合波、分岐することができるAWG(Arrayed-Wavelength Grating)を使用することを特徴とする請求項6～請求項10のいずれかに記載のPONシステム。

13. 親局と、受動型光分岐器を備える光分岐局の間を幹線光ファイバで接続し、光分岐局と複数の子局との間をそれぞれ支線光ファイバで接続したPON(Passive Optical Network)システムにおいて、

- 20 光ファイバ(幹線光ファイバ、支線光ファイバを含むものとする。以下この項において同じ)を伝搬する光信号を増幅する効果を持つ波長の増幅用光を発生する増幅用光源と、前記増幅用光を前記光ファイバに注入するための光合分波器とを備え、光ファイバにおいて、親局・子局間で伝送される光信号が当該光ファイバを伝搬する間に、その光信号が増幅されることを特徴とするPONシステム。

- 25 14. 光信号を増幅する機能として、ラマン増幅を用い、増幅用光は信号光と反対方向に伝搬することを特徴とする請求項13記載のPONシステム。

15. 高非線形性ファイバを使用することを特徴とする請求項13又は請求項14記載のPONシステム。

16. 光信号を増幅する機能として、エルビウム添加ファイバ（EDF）を用い、増幅用光は信号光と同一方向であることを特徴とする請求項13記載のPONシステム。

5 17. 増幅用光源と光合分波器が親局に設置され、増幅用光を、親局から光分岐局に向けて幹線光ファイバに注入することを特徴とする請求項13記載のPONシステム。

18. 増幅用光源と光合分波器が光分岐局に設置され、増幅用光を、光合分波器から親局に向けて幹線光ファイバに注入することを特徴とする請求項13記載のPONシステム。

10 19. 第2の光合分波器と、第3の光合分波器と、第2の光合分波器と第3の光合分波器とを接続する光路とが光分岐局に設置され、上り信号用幹線光ファイバを伝送する増幅用光を、第2の光合分波器から取り出し、前記光路を通して第3の光合分波器に供給し、第3の光合分波器から親局に向けて下り信号用幹線光ファイバに注入することを特徴とする請求項15 7記載のPONシステム。

20. 増幅用光源と光合分波器とが光分岐局に設置され、増幅用光を子局に向けて、受動型光分岐器を通して、支線光ファイバに注入することを特徴とする請求項13記載のPONシステム。

20 21. 増幅用光源と光合分波器が親局に設置され、増幅用光を、親局から、光分岐局に向けて幹線光ファイバに注入し、光分岐局にて、増幅用光を幹線光ファイバに対して全反射させる反射器を設けたことを特徴とする請求項13記載のPONシステム。

25 22. 増幅用光源と光合分波器が親局に設置され、増幅用光を、親局から、光分岐局に向けて幹線光ファイバに注入し、光分岐局に第2の光合分波器と反射器を設置し、幹線光ファイバを伝送する増幅用光を、第2の光合分波器から取り出し、前記反射器によって全反射させることを特徴とする請求項13記載のPONシステム。

23. 光合分波器が光分岐局に設置され、
親局と光分岐局との間に、幹線光ファイバ以外に光ファイバを設け、前

記増幅用光源を親局に設置し、増幅用光を、前記光ファイバを通して光合分波器に供給し、増幅用光を、光合分波器から親局に向けて幹線光ファイバに注入することを特徴とする請求項 1 3 記載の P O N システム。

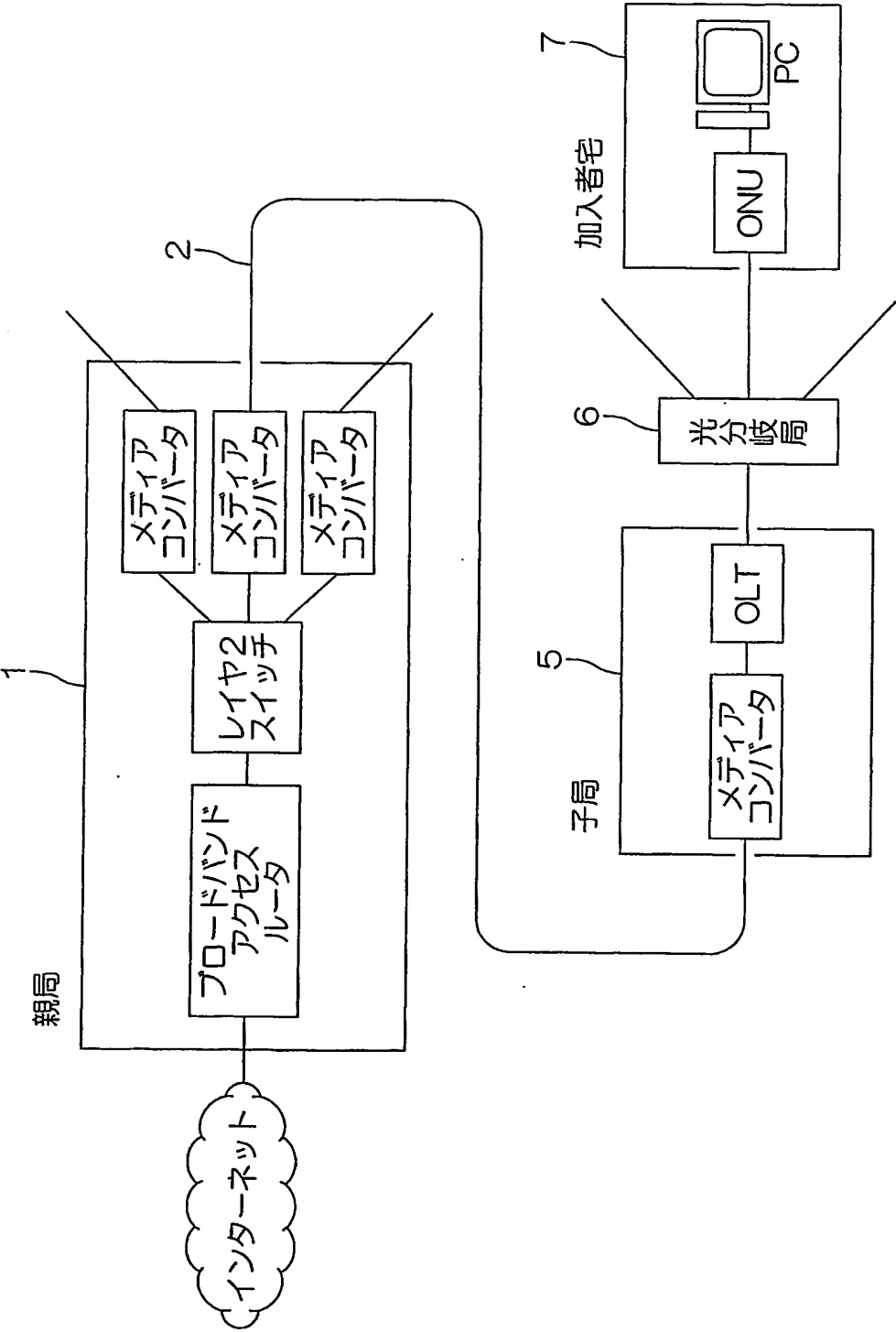
2 4 . 受動型光分岐器としてスターカプラーを使用する請求項 1 7 ~ 請求項 2 3 のいずれかに記載の P O N システム。

2 5 . 親局と光分岐局との間に、幹線光ファイバ以外に光ファイバを設け、前記増幅用光源を親局に設置し、増幅用光を、前記光ファイバを通して光合分波器の子局側の 1 光路に、親局に向けて注入することを特徴とする請求項 1 3 記載の P O N システム。

10 2 6 . 受動型光分岐器として、波長の違いを利用して光を合波、分岐することができる A W G (Arrayed-Wavelength Grating) を使用することを特徴とする請求項 1 7 ~ 請求項 2 3 のいずれか又は請求項 2 5 記載の P O N システム。

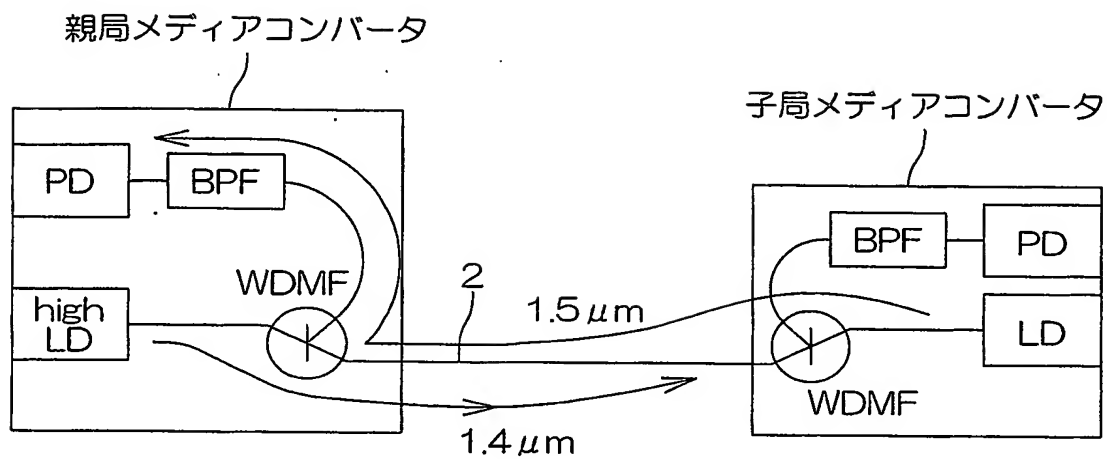
1/14

図 1



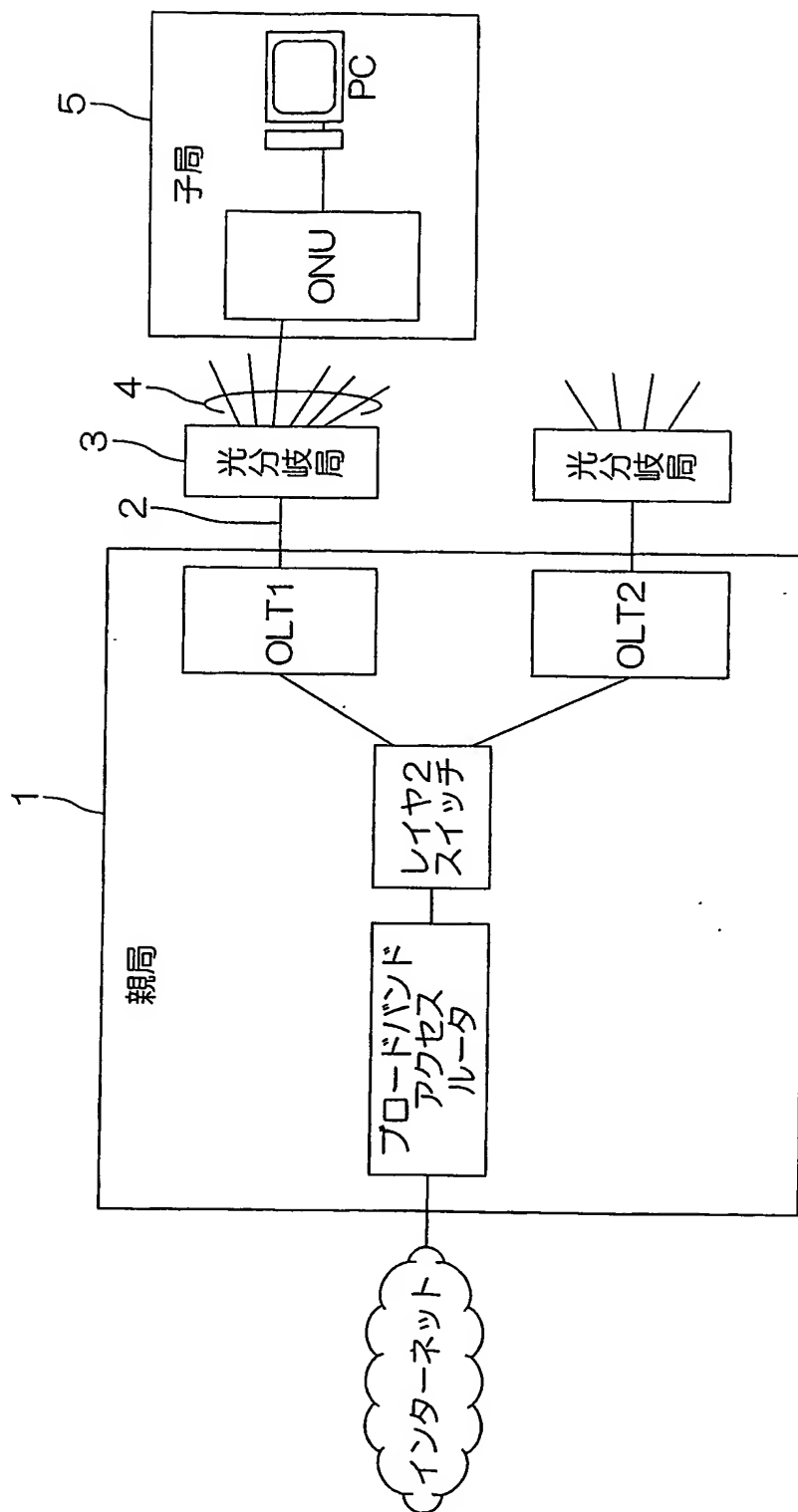
2/14

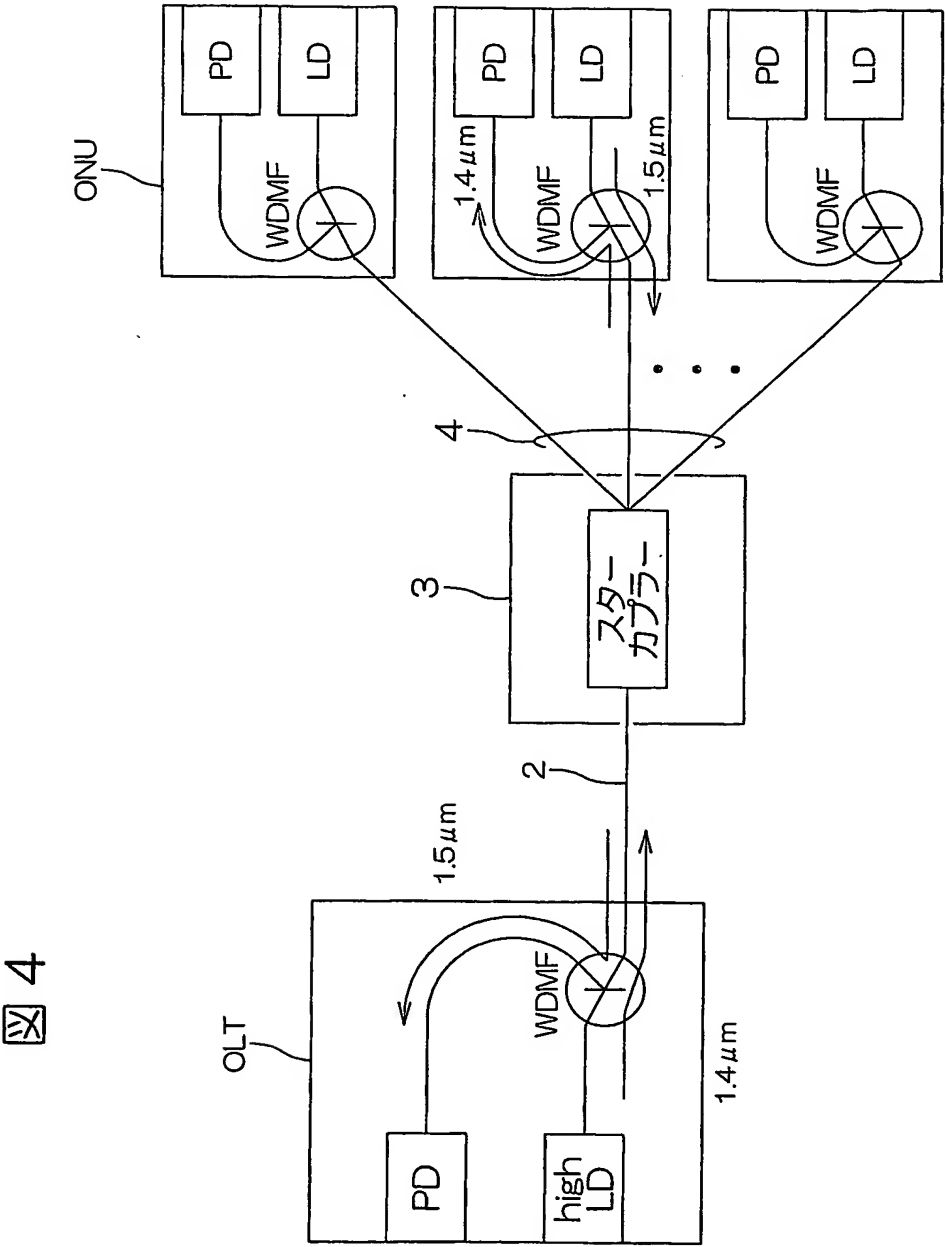
図 2



3/14

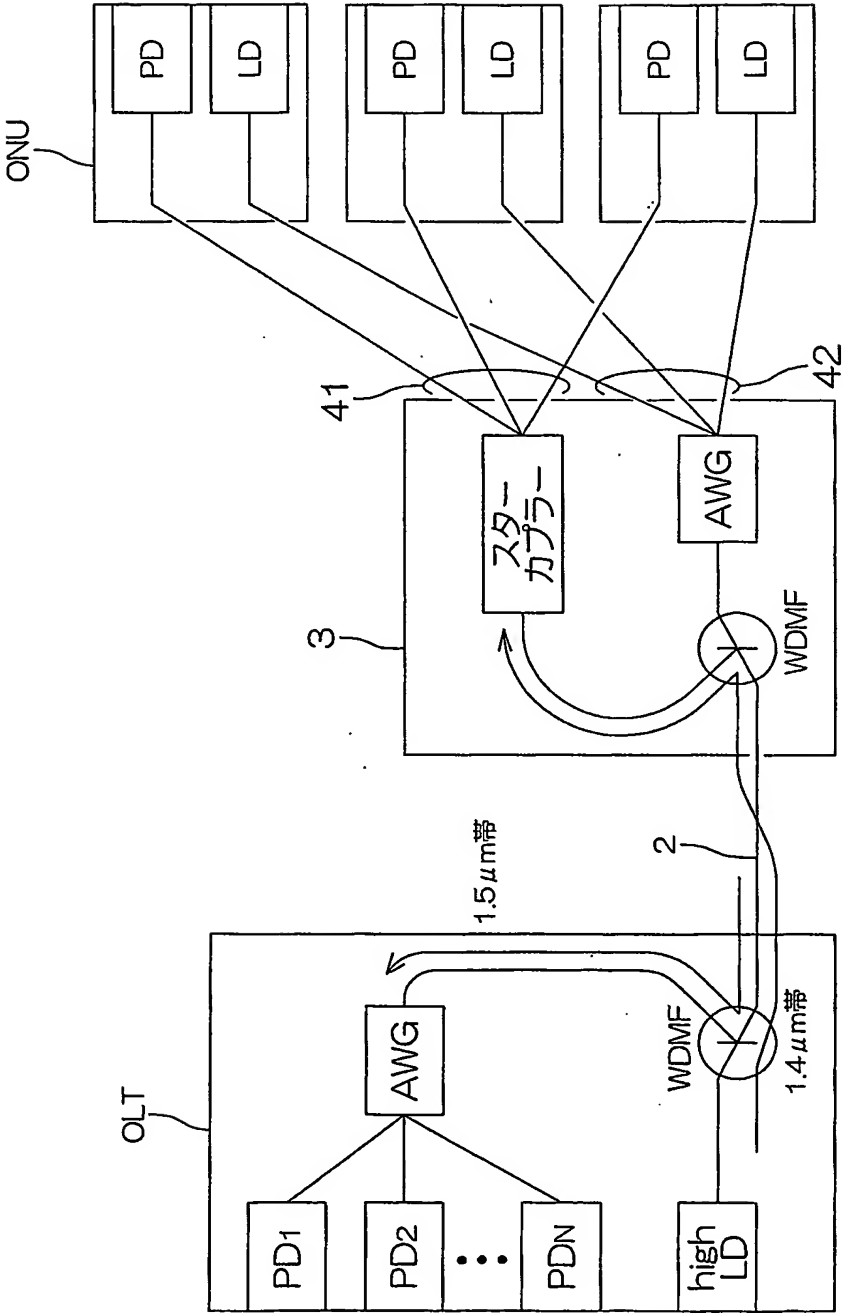
図3





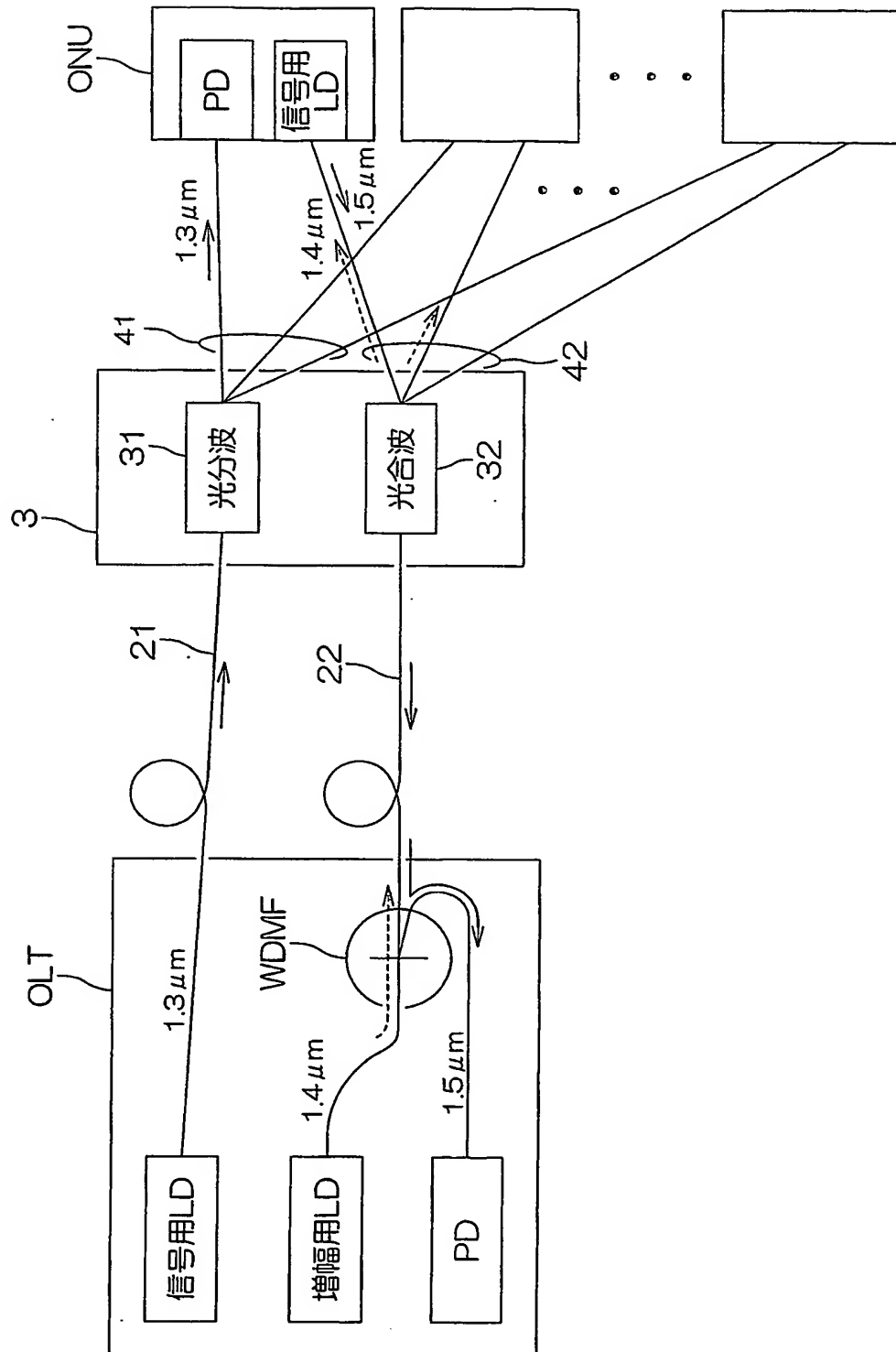
5/14

図 5



6/14

図 6



7/14

図 7

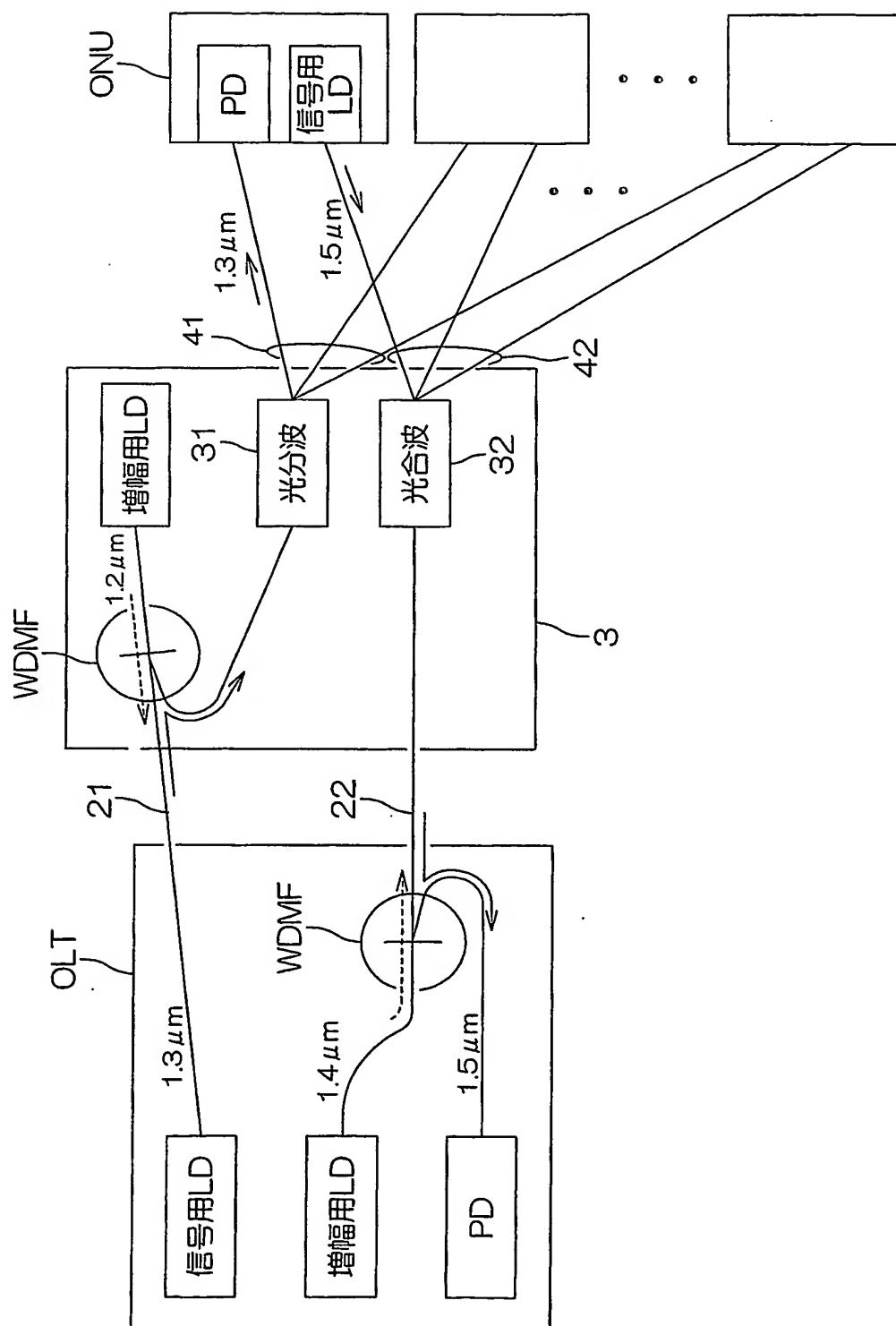
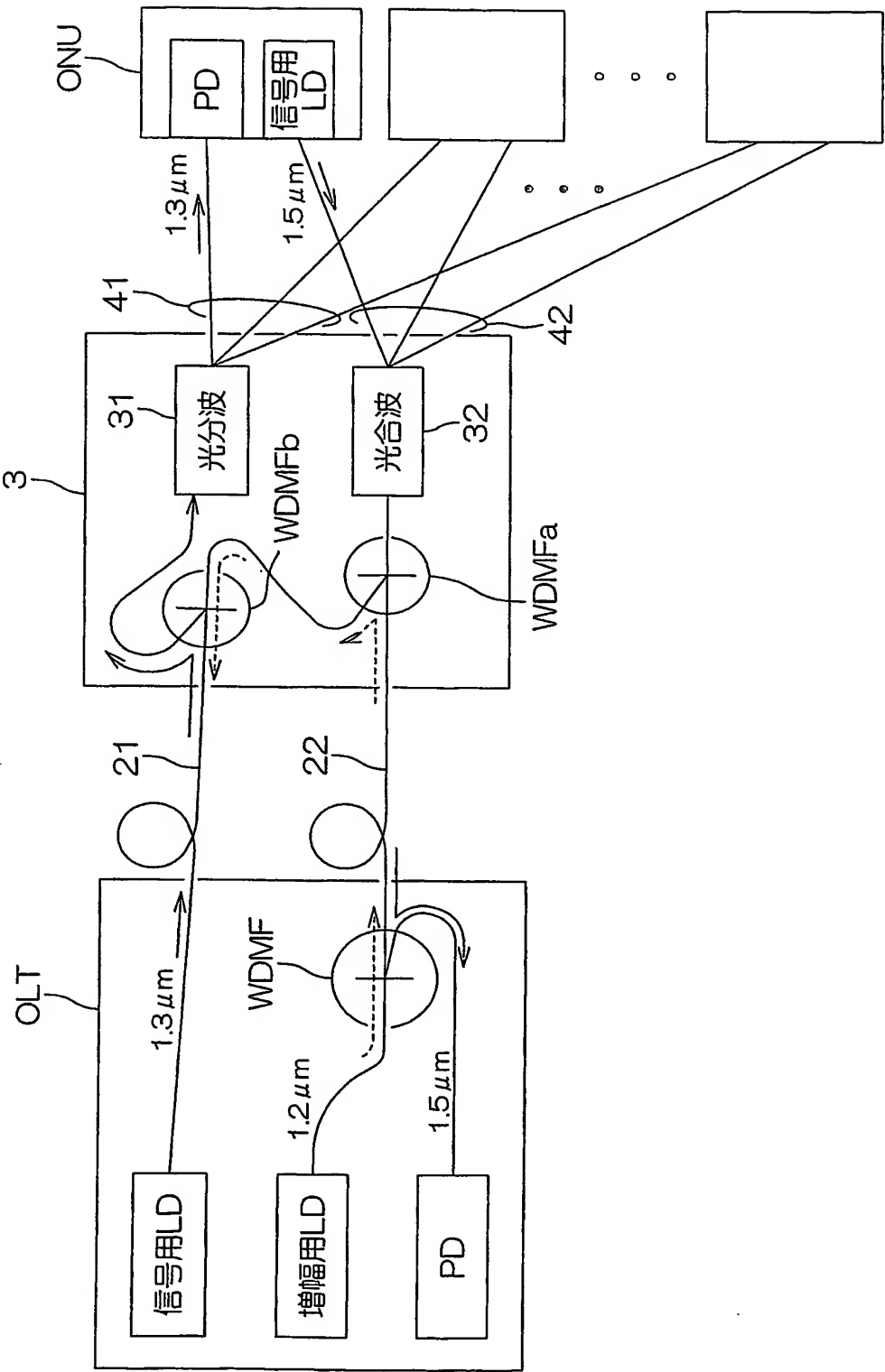
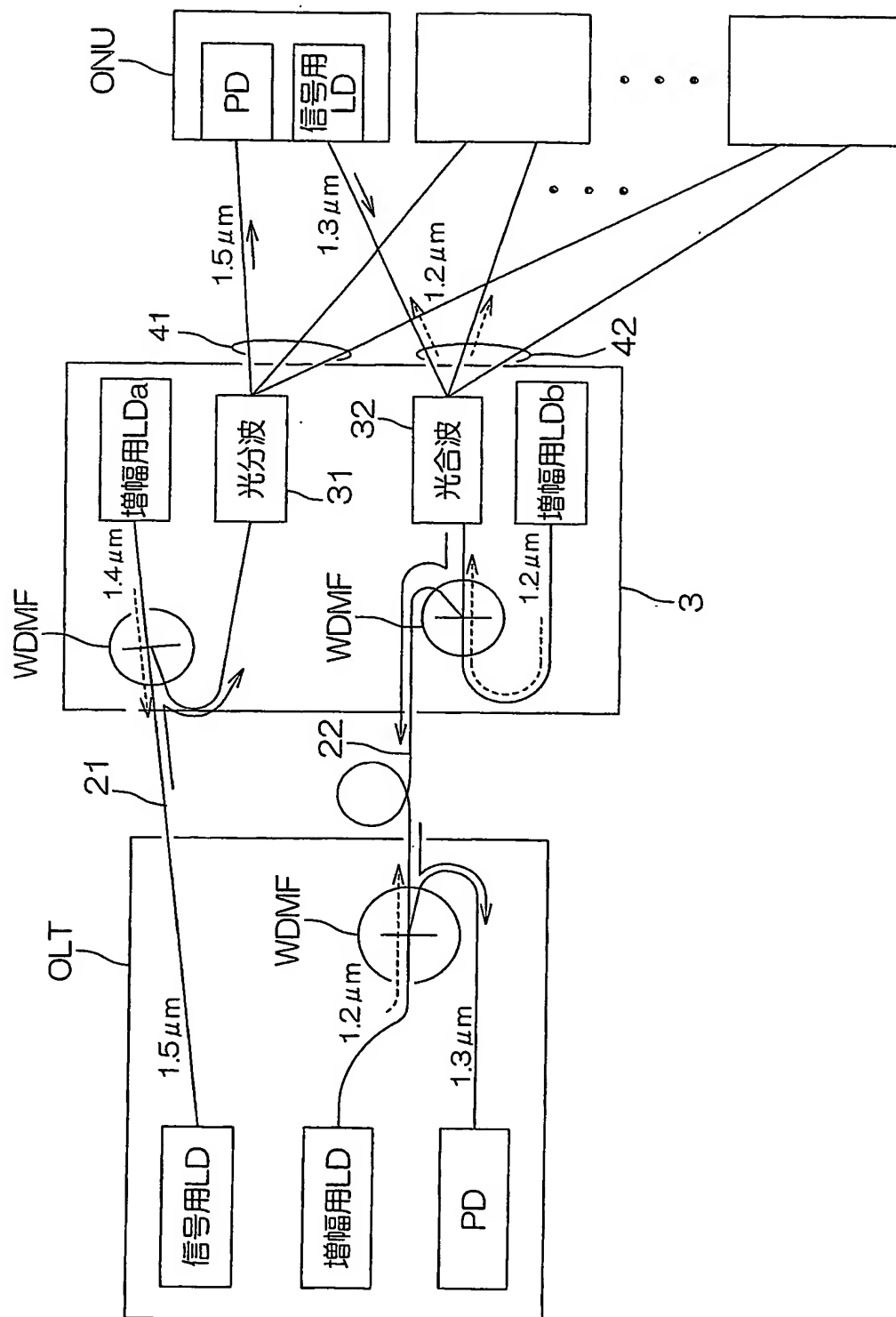


図 8



9/14

図 9



10/14

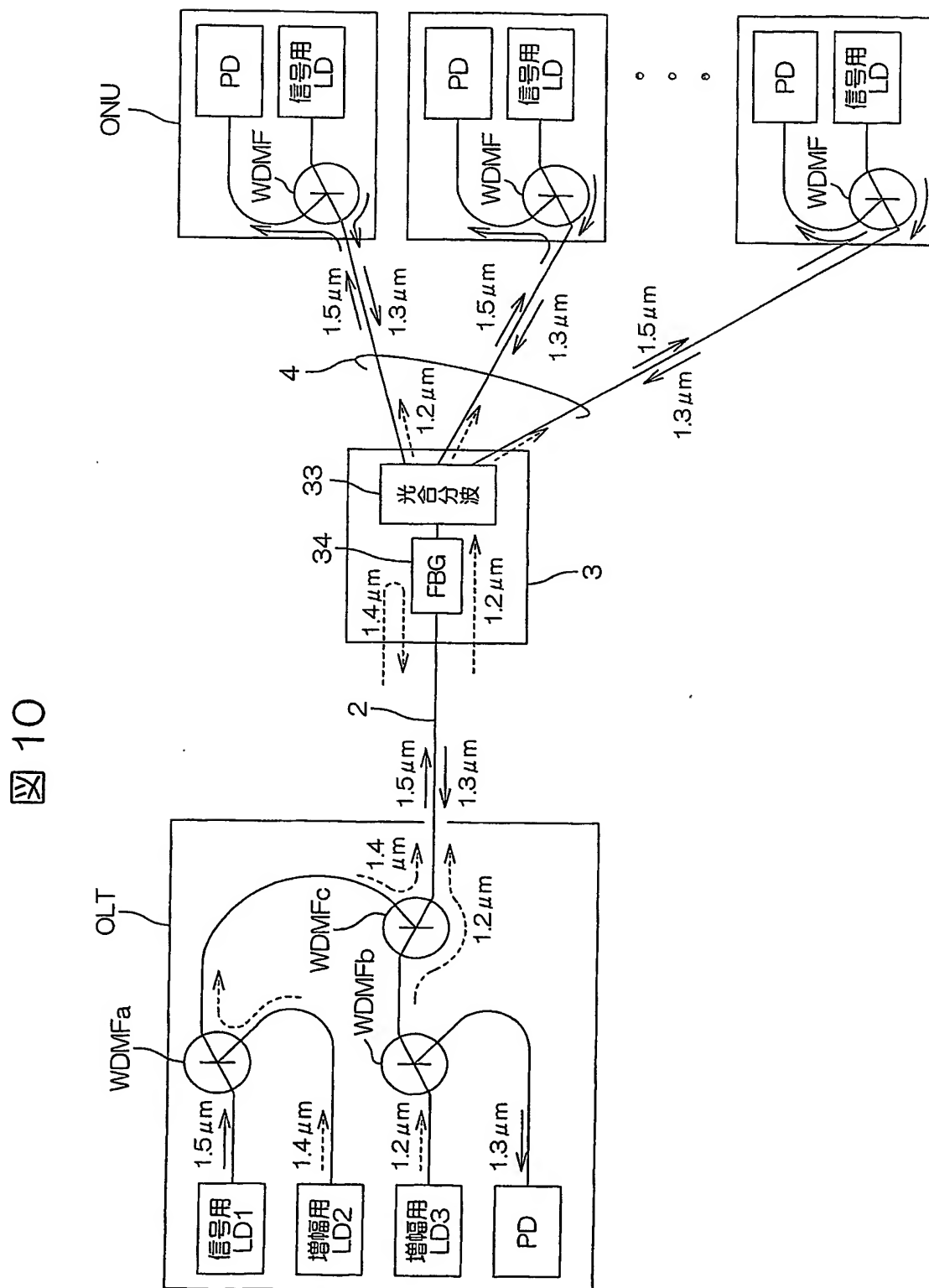
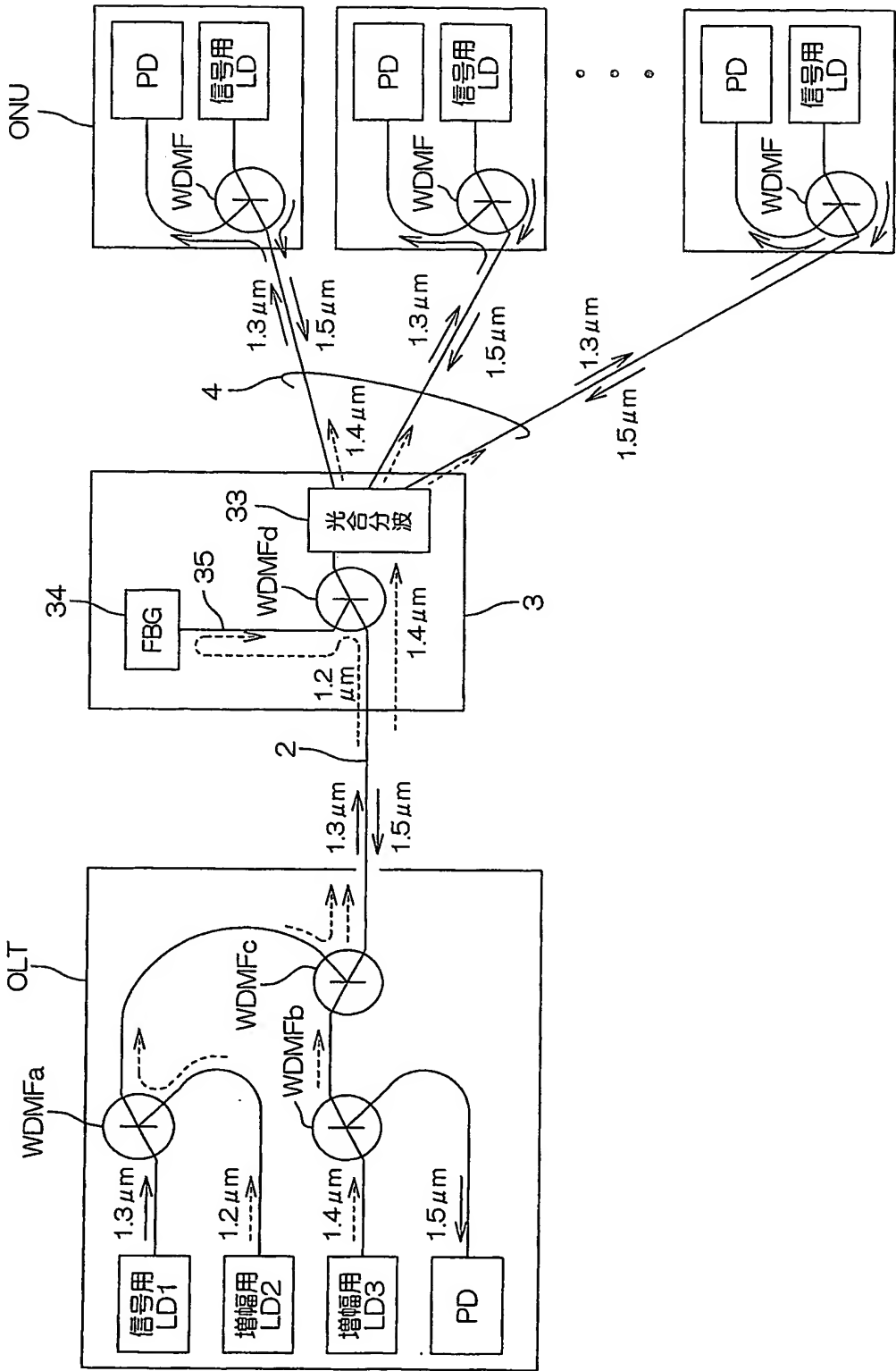
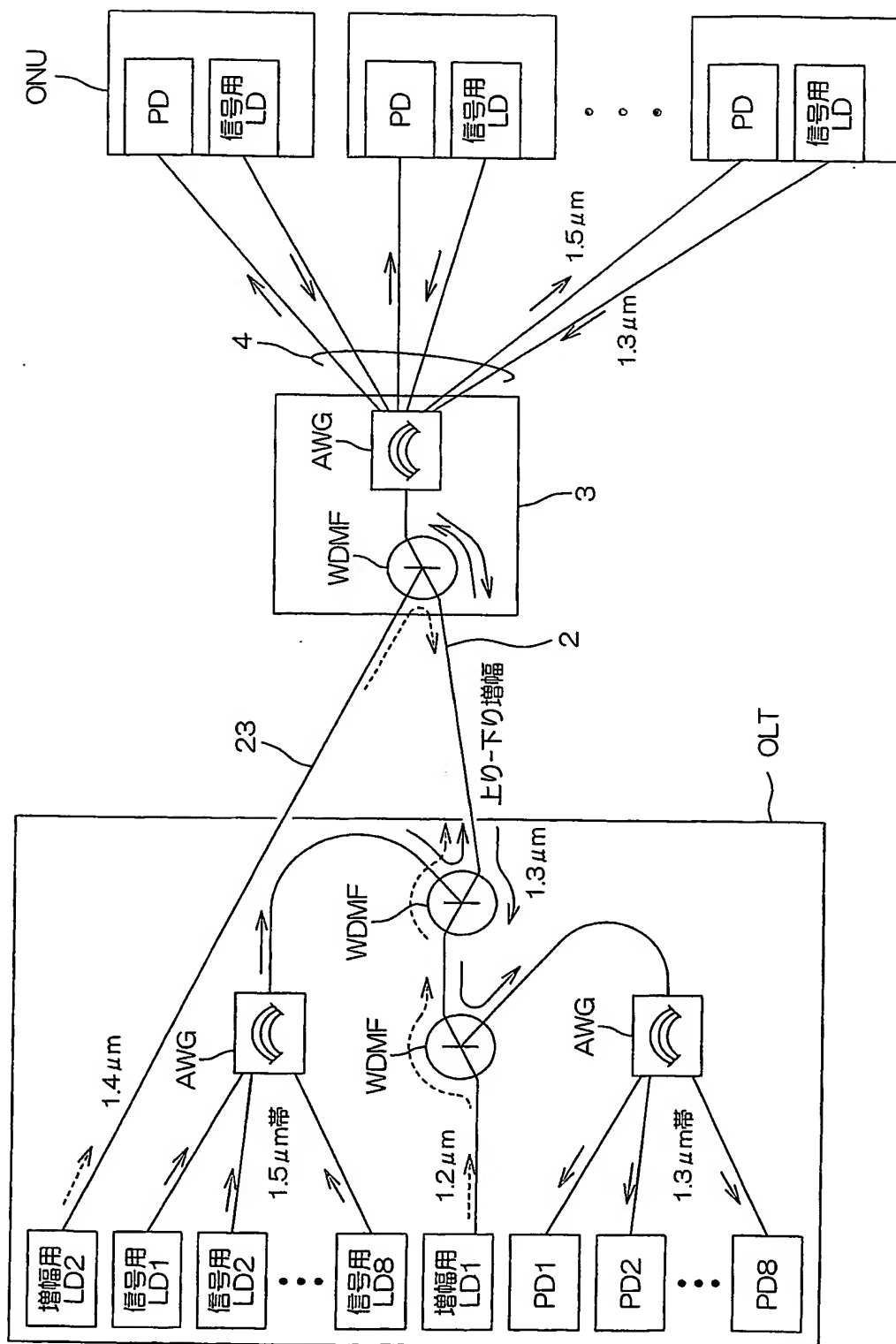


図 11



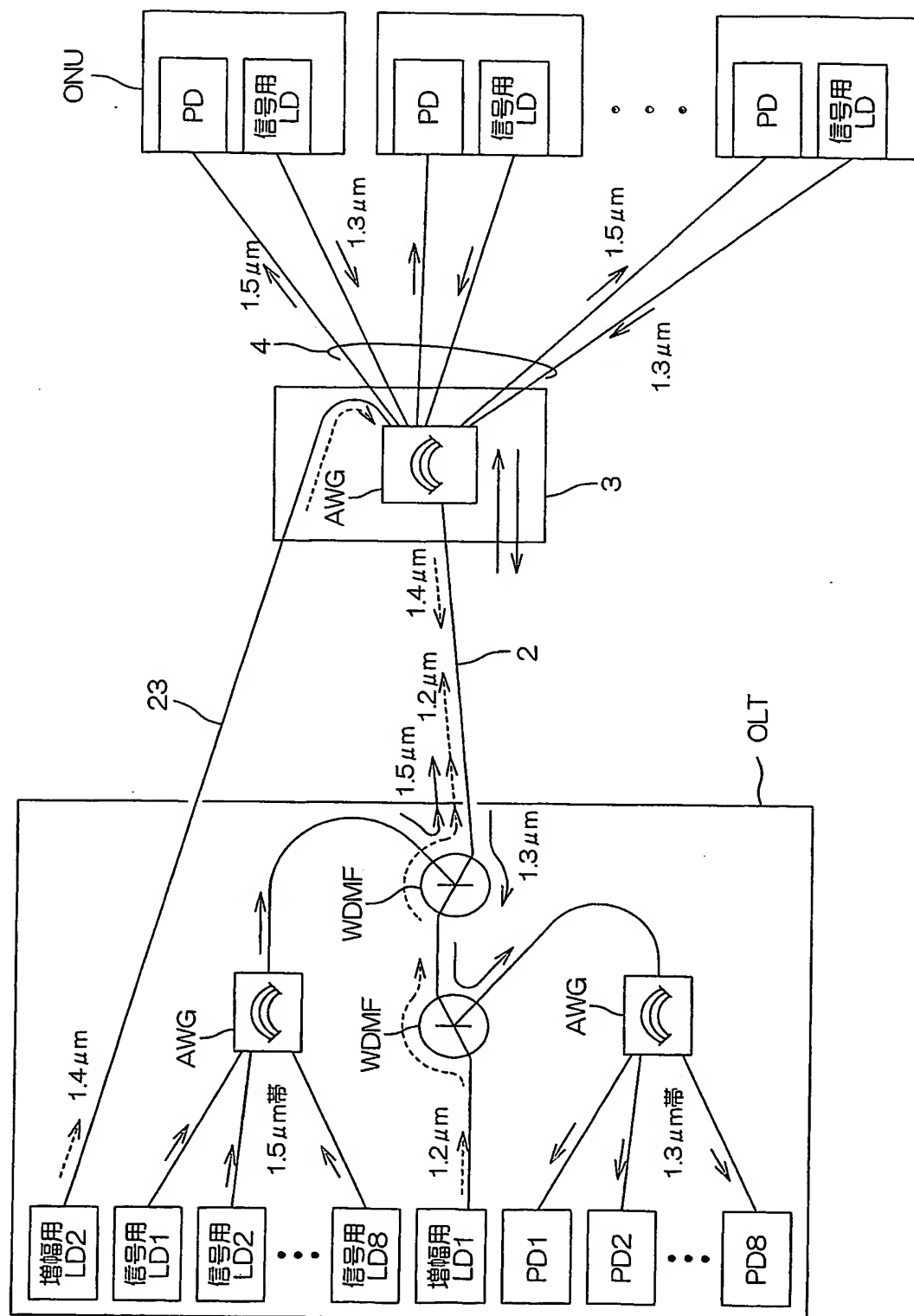
12/14

図 12



13/14

図 13



14/14

図 14

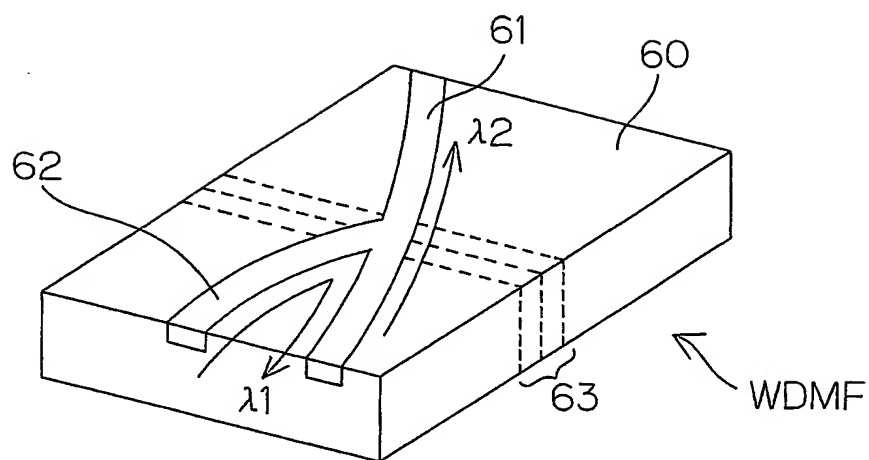
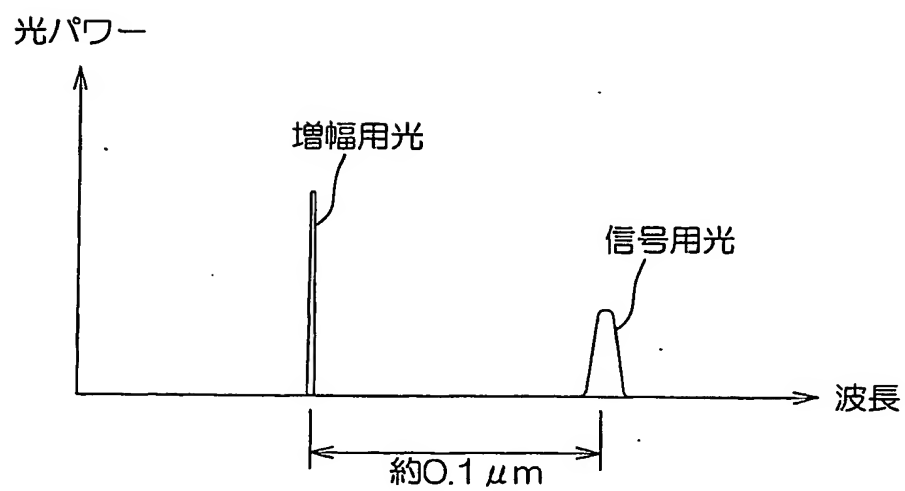


図 15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004664

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H04B10/20, H01S3/30, H01S3/10, G02F1/35

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H04B10/00, H01S3/00, G02F1/35

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A Y	JP 2002-314177 A (Central Glass Co., Ltd.), 25 October, 2002 (25.10.02), Fig. 4 (Family: none)	1-12, 19, 21-23, 25, 26 13-18, 20, 24
A Y	JP 2002-314176 A (Central Glass Co., Ltd.), 25 October, 2002 (25.10.02), Fig. 4 (Family: none)	1-12, 19, 21-23, 25, 26 13-18, 20, 24
A Y	JP 2001-251252 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 14 September, 2001 (14.09.01), Figs. 7 to 10 (Family: none)	6-12, 19, 21-23, 25, 26 13-18, 20, 24

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 July, 2004 (02.07.04)

Date of mailing of the international search report
20 July, 2004 (20.07.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 H04B10/20、H01S3/30、H01S3/10、G02F1/35

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 H04B10/00、H01S3/00、G02F1/35

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2002-314177 A (セントラル硝子株式会社) 2002. 10. 25、第4図、(ファミリーなし)	1-12、 19、21- 23、25、 26
Y		13-18、 20、24

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02. 07. 2004

国際調査報告の発送日

20. 7. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

工藤 一光

5 J

9274

電話番号 03-3581-1101 内線 3534

様式PCT/ISA/210 (第2ページの続き) (2004年1月)